

Leena Loisa

HEVOSTALouden PESUVESIEN LAATU JA SOVELTUVAT PUHDISTUSMENETELMÄT


Opinnäytetyö
Ympäristötekniologian koulutusohjelma

Marraskuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences		Opinnäytetyön päivämäärä 19.11.2010	
Tekijä(t) Leena Loisa		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia	
Nimeke Hevostalouden pesuvesien laatu ja soveltuvat puhdistusmenetelmät			
Tiivistelmä <p>Hevostalous on Suomessa muuttunut merkittävästi viimeisten vuosikymmenien aikana. Hevosten käyttö on muuttunut työhevoskäytöstä urheilu- ja vapaa-ajankäytöksi ja uusia hevosharrastusmuotoja kehitetään jatkuvasti. Näin ollen hevostallien lukumäärä ja myös niiden tuottamat jätevesimäärät ovat jatkuvassa kasvussa. Vuoden 2004 alussa voimaan tullut Valtioneuvoston asetus 542/2003 talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla edellyttää saostuskaivokäsittelyä tehokkaampaa jätevesien käsittelyä vuoteen 2014 mennessä myös hevostalleilla. Tulevaisuudessa tarvitaan toimivia jätevedenkäsittelyjärjestelmiä, jotka soveltuisivat myös hevostallien jätevesien käsittelyyn.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hevosten pesuvesiä ja määritellä niiden käsittelyyn sopivia menetelmiä. Opinnäytetyö sisältää kirjallisuusselvityksen hevostalouden jäte- ja pesuvesien käsittelystä, sekä tutkimuksellisen osion, jossa tutkittiin pesuvesien laatua ja puhdistuvuutta.</p> <p>Opinnäytetyö on osa Etelä-Savon ELY-keskuksen rahoittamaa Mikkelin ammattikorkeakoulun EU-osarahoitteista hanketta ”Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta.” Hankkeen tarkoituksena on kehittää eteläsavolaisten hevostallien jätehuoltoa ja parantaa yritysten ympäristöriskien hallintaa sekä tehostaa yritysten energiaomavaraisuutta taloudelliset näkökohdat huomioon ottaen. Tavoitteena on saattaa yrityksissä muodostuva lantajae lannoitus- tai muuhun hyötykäyttöön.</p>			
Asiasanat (avainsanat) Hevostalous, jätevesi, jäteveden käsittely, ympäristövaikutukset			
Sivumäärä 45 s.	Kieli suomi	URN	
Huomautus (huomautukset liitteistä)			
Ohjaavan opettajan nimi Laboratorioinsinööri Marjatta Lehesvaara		Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin ammattikorkeakoulun YTI-palvelut, projektipäällikkö DI Hanne Soininen	

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 19.11.2010	
Author(s) Leena Loisa		Degree programme and option Environmental technology	
Name of the bachelor's thesis The quality of wash water from the horse management and suitable cleaning methods			
Abstract <p>Horse management in Finland has changed significantly in recent decades. The use of horses has changed from workhorse to sports and leisure-time consumption and new forms of equestrian sport are continually being developed. Thus, horse stables and also the quantities of wastewater generated are increasing continuously. In early 2004, Government Decree on Treating Domestic Wastewater entered into force and it requires a more efficient waste water disposal outside sewage network than sedimentation basin processing by 2014, including horse stables. Hence, functional waste water disposal systems are needed, which are suitable for horse stables waste water disposal.</p> <p>Purpose of this study was to examine the horses, wash waters and to determine appropriate methods for their treatment. The thesis includes a literature survey of horse management and cleaning of waste water disposal, and research-partition, which examined the quality of the wash water and self-purification.</p> <p>This thesis is part of the project "Environmental Issues in Horse Stables Business Profitability" by the Mikkeli University of Applied Sciences. The project was funded by the South Savo Regional Environment Centre and the EU (an ERDF project). The project aims to develop the South Savo in horse stables, waste management and improve corporate environmental risk management, and make companies more energy self-sufficient taking economic considerations into account. The aim is to get the manure formed in companies into fertilization use or other utilization.</p>			
Subject headings, (keywords) Horse management, waste water, waste water disposal, environmental effects			
Pages 45 p	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Laboratory engineer Marjatta Lehesvaara		Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of Applied Sciences, project manager M.Sc.(Tech.) Hanne Soininen	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	HEVOSTALOUS.....	2
2.1	Hevostalous Suomessa.....	2
2.2	Suomen hevoskanta	3
2.3	Lainsäädäntö	4
2.3.1	Hevostaloutta koskevat lait	5
2.3.2	Ympäristönsuojelulaki- ja asetus	6
2.3.3	Jätelaki	7
2.3.4	Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä.....	7
2.3.5	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	8
3	YLEISTÄ HEVOSTALouden JÄTE- JA VALUMAVESISTÄ.....	8
3.1	Hevostallien jätevesien käsittely.....	8
3.2	Hevosten pesuvesien laatu	9
3.3	Jaloittelualueiden valumavedet.....	11
3.3.1	Ulkoilualueet.....	11
3.3.2	Harjoittelualueet.....	11
3.4	Muut maatalouden pesuvedet ja niiden käsittely	12
3.4.1	Aiemmat tutkimukset pesuvesistä.....	12
3.4.2	Eläinsuojien jätevedet	12
3.4.3	Maitohuonejätevedet ja niiden käsittely	13
4	JÄTEVESIEN KÄSITTELYMENETELMÄT.....	14
4.1	Erilaisia jätevedenkäsittelymenetelmiä	14
4.1.1	Saostuskaivo	14
4.1.2	Maahanimeytys	15
4.1.3	Maasuodatus	17
4.1.4	Laite- eli pienpuhdistamot	18
4.1.5	IN-DRÄN -tekniikka	20
4.1.6	Juurakkopuhdistamo ja haihdutuskenttä.....	21
4.1.7	Biologinen suodatin	22
4.2	Jätevesien käsittely hevostalleilla	23
4.2.1	Yleinen viemäriverkko.....	23
4.2.2	Jäteveden käsittely viemäriverkoston ulkopuolella	23

5	KOEJÄRJESTELYT JA NÄYTTEENOTTO	24
5.1	Pesuvesinäytteiden näytteenotto	24
5.2	Käytetyt analyysimenetelmät.....	25
5.2.1	Kemialliset menetelmät	26
5.2.2	Mikrobiologiset menetelmät	26
5.3	Peruslaskeutuskokeen koejärjestelyt ja -menetelmät.....	27
6	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI.....	31
6.1	Hevosten pesuvesien laatu	31
6.2	Laskeutuskokeiden tulokset.....	32
6.2.1	Näytteiden pH-arvot.....	33
6.2.2	Kokonaisfosforipitoisuudet.....	34
6.2.3	Liukoisen fosforin pitoisuudet	35
6.2.4	Kokonaistypen pitoisuudet.....	36
6.2.5	Tulosten yhteenveto	37
6.3	Arvio pesuvesille soveltuvista puhdistusmenetelmistä	38
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHTEET	42

1 JOHDANTO

Hevostalous on jo pitkään ollut kiinteä osa suomalaisen maaseudun elinkeinorakennetta, ja vuosien varrella se on kehittynyt perunapellon kyntämisestä aina elämysmatkailuun asti. Hevosten hyvinvointi on yksi keskeisimmistä tekijöistä hevostaloudessa, mutta siihen liittyy paljon muutakin, kuten hevostallien toiminnasta aiheutuvat ympäristökuormitukset. Näitä ovat erityisesti toiminnassa muodostuvat jäte- ja pesuvedet, joiden oikeaoppinen käsittely on erittäin tärkeää.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia hevosten pesuvesien laatua ja muita ominaisuuksia, sillä hevosten pesuvesien laadusta on olemassa hyvin vähän tutkimustietoa. Pesuvedet tulee nykyisen lainsäädännön mukaan käsitellä kuten kiinteistöjen harmaat jätevedet. Opinnäytetyö on osa Mikkelin ammattikorkeakoulun YTI-palveluiden EU-osarahoitteista ”Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta” -hanketta.

Opinnäytetyö sisältää kirjallisuusselvityksen liittyen hevostalouden jäte- ja pesuvesien käsittelyyn. Työssä on käsitelty aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä, hevosten pesuvesien ominaisuuksia ja aiheeseen liittyviä muita tutkimuksia. Lisäksi työ sisältää katsauksen nykyisistä jätevesien käsittelymenetelmistä, hevosten jaloittelualueiden jätevesistä ja niiden käsittelystä, sekä muista maatalouden pesuvesistä ja niiden käsittelystä.

Opinnäytetyön tutkimuksellisessa osassa otettiin kokoomanäytteitä hevosten pesuvesistä Mikkelin Raviradalta Toto-ravien aikaan 25.5.2010, sekä TotoTV-ravien aikaan 3.6.2010 ja 17.6.2010 niiden laadun selvittämiseksi. Kokoomanäytteistä analysoitiin muun muassa: pH, johtokyky, BHK₇, kokonaistypppi, ammoniumtypppi, kokonaisfosfori ja liukoinen fosfori eli fosfaatti, sekä *Escherichia coli* ja koliformiset bakteerit. Lisäksi työssä tehtiin 25.5.2010 otetuille pesuvesinäytteille laskeutuskokeita, joilla tutkittiin pesuveden puhdistumiskykyä.

2 HEVOSTALOUS

2.1 Hevostalous Suomessa

Hevostalous on kiinteä osa maaseudun elinkeinorakennetta ja viime vuosikymmenien rakennemuutoksen kautta hevostaloudessa on kehittynyt aivan uudentyyppisiä yritysmuotoja. Maatiloilla on edelleen tärkeä rooli hevostaloudessa; noin puolet Suomen hevoskannasta on maatilayrittäjien omistuksessa. (Tiilikainen 2004, 8.)

Suomen hevostalous perustuu 2000-luvulla hevosten käyttöön vapaa-ajan harrastuksissa ja urheilussa. Hevosiin liittyvä toiminta Suomessa on yleensä ravi- tai ratsastustoimintaa. Elintason nousun ja ihmisten vapaa-ajan lisääntymisen myötä hevosharrastuksesta on tullut erittäin suosittua, mikä mahdollistaa hevostalouden elinkeinotoiminnan harjoittamisen. Talliyritysten lisäksi hevostaloudessa toimii merkittävä määrä muita hevosalan elinkeinotoimintaa harjoittavia yrityksiä, joiden toiminta vaihtelee raviradoista eläinlääkintään. Hevosalan yritykset työllistävät noin 4 500 päätoimista ja 9 000 osa-aikaista työntekijää. (Tiilikainen 2004, 9.)

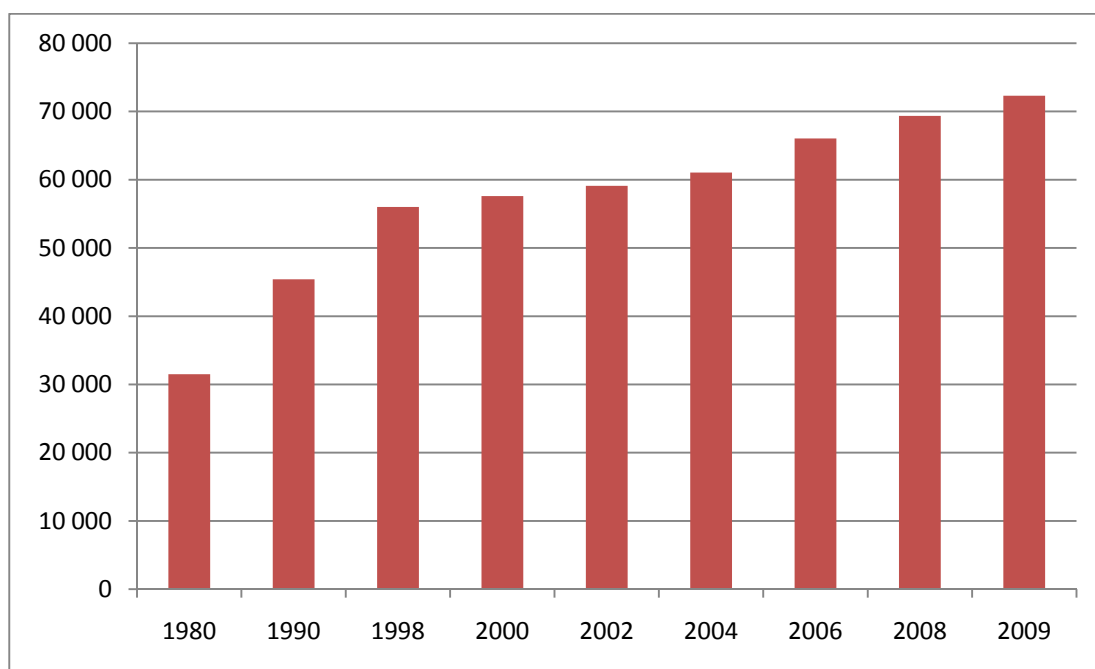
Raviurheilu on yksi seuratuimmista urheilulajeista Suomessa. Ravikilpailuilla on arviolta 1,7 miljoonaa katsojaa vuosittain. Noin 8 000 hevosta ja 3 000 ohjastajaa osallistuu 560 ravikilpailuun joka vuosi. Raviurheilussa toimii noin 200 000 harrastajaa sekä 250 000 ravipelaajaa, ja ravihevosten omistajina on noin 20 000 henkilöä tai yhtymää. 1960-luvulla raviurheilu kasvoi voimakkaasti, sillä lämminveriset ravihevoset saivat kilpailuoikeuden suomenhevosten lisäksi. 1990-luvun taloudellinen lama vaikutti kuitenkin ravitoimintaan tainnuttavasti, ja vaikutukset näkyivät vielä 2000-luvun alussa. (Tiilikainen 2004, 9 - 10.)

Ratsastusurheilu oli Suomessa 1800-luvulle asti sotilasurheilua. Kaiken kansan harrastukseksi ratsastus ulottui vasta 1970-luvulla, ja sen suosio on kasvanut voimakkaasti aina 1980-luvulta asti. Vuonna 2002 Suomessa oli 102 000 ratsastuksen harrastajaa. Ratsastuksen lajivalikoima on monipuolinen, mikä varmasti vaikuttaa harrastuksen kiinnostavuuteen. Ratsastuksen olympiakilpailulajeja ovat este-, koulu- ja kenttäratsastus, ja muita lajeja ovat esimerkiksi vaellus- ja matkaratsastus, lännenratsastus, valjakkoajo, vammaisratsastus ja vikellys, eli erilaiset akrobaattiset liikkeet hevosen selässä. (Tiilikainen 2004, 10.)

Hevostaloudella on tärkeä merkitys myös maataloudelle, vaikka hevosten tekemällä työllä ei enää ole suurtakaan merkitystä maataloille toisin kuin ennen maatalouden koneellistumista. Hevosten rehuntuotanto työllistää maatilayrittäjiä, vaikka yrittäjä itse ei harjoittaisikaan hevostaloutta. Hevostaloudesta on tullut yhä useammalle tilalle maatalouden päätuotantosuunta. Monella maatilalla hoidetaan yrittäjän omien hevosten lisäksi tilan ulkopuolisten henkilöiden omistamia hevosia. Hevoset ovat myös tehokas vetovoimatekijä maaseudulla niin matkailussa, asumisessa kuin maaseudulle muuttamista harkittaessa. (Tiilikainen 2004, 9.)

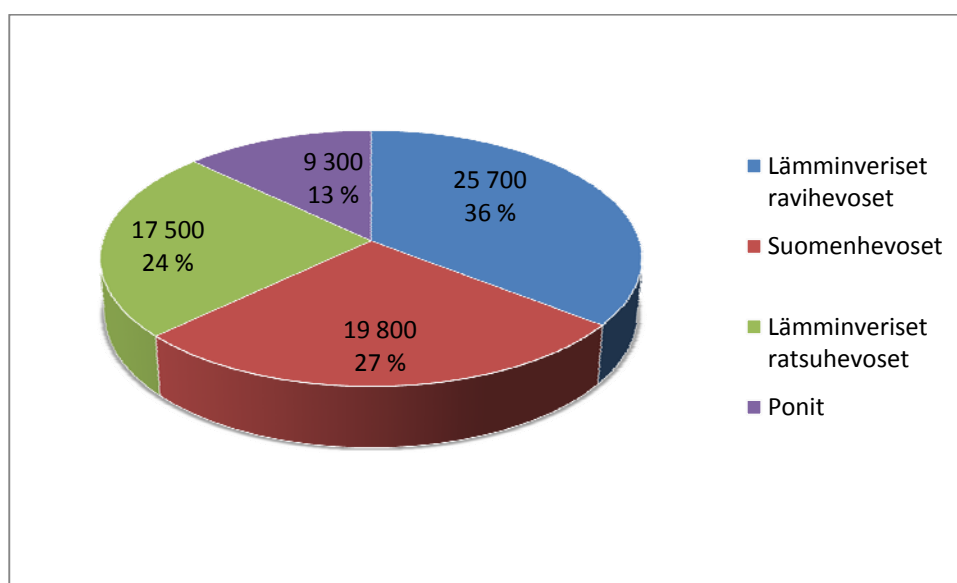
2.2 Suomen hevuskanta

Hevosten lukumäärä Suomessa vaihteli 1920 - 1950-luvuilla 350 000 - 400 000 hevosen välillä. Eniten hevosia oli vuonna 1950 eli noin 409 000 eläintä. Maatalouden koneellistumisen lisääntyessä hevosten määrä väheni 1950-luvun aikana peräti 150 000 hevosella. Väheneminen jatkui aina vuoteen 1980, jolloin hevosten määrä oli alhaisimmillaan eli noin 31 500 eläintä. Hevosten määrä lähti kuitenkin kasvuun 1980-luvun alussa (kuva 1). Myös maatilayrittäjien omistuksessa olevien hevosten määrä on kasvanut hieman 1990-luvun alusta lähtien, vaikka lähes kaikkien muiden maatalouden tuotantoeläinten määrä on vähentynyt samanaikaisesti. (Tiilikainen 2004, 10 - 11.) Vuonna 2009 Suomessa oli 72 300 hevosta (Suomen Hippos Ry 2009).



KUVA 1. Hevosten lukumäärä Suomessa 1980 - 2009 (Suomen Hippos Ry 2009)

Suomen hevoscanta oli pääosin suomenhevosia 1900-luvun keskivaiheille saakka. Vuonna 2003 suomenhevosten osuus kaikista hevosista oli enää tasan kolmasosa. Suomeen tuotiin vuosina 1957 ja 1959 ensimmäiset lämminveriset ravihevokset, jotka presidentti Urho Kekkonen sai lahjaksi Neuvostoliiton hallitukselta. Lämminveristen ravihevosten määrä alkoi kasvaa 1960-luvulla, ja vuonna 2003 niitä oli runsas kolmasosa Suomen hevoscannasta. Suomessa olevista hevosista yli puolet on tällä hetkellä ravihevosia. Ratsuhevosten ja -ponien määrä on kasvanut lähes joka vuosi 1970-luvulta lähtien. Vuoden 2003 lopulla Suomen hevoscannasta oli ratsuhevosia ja -poneja vajaa kolmannes. (Tiilikainen 2004, 11 - 12.) Vuonna 2009 hevosten määrät Suomessa jakautuivat kuvan 2 mukaisesti.



KUVA 2. Hevosten määrä Suomessa vuonna 2009 (Suomen Hippos Ry 2009)

2.3 Lainsäädäntö

Maataloustoimintaa ja kotieläintaloutta säännellään sekä yhteisölainsäädännöllä että kansallisen lainsäädännön keinoin (Ympäristöministeriö 2009). Hevostalousyrittäjiä, kuten muitakin maatalouden tai kotieläintalouden harjoittajia, koskevat yleiset ympäristölainsäädännön periaatteet (Iinatti ym. 2005, 30).

2.3.1 Hevostaloutta koskevat lait

Hevostaloutta koskee useat eri lait ja asetukset, kuten ympäristönsuojelulaki ja -asetus, maankäyttö- ja rakennuslaki, nitraattiasetus, jätelaki sekä kunnalliset ympäristönsuojelu- ja jätehuoltomääräykset (Pesonen ym. 2008, 39). Näitä lakeja on esitelty tarkemmin taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Hevostaloutta koskevaa lainsäädäntöä (Häkkinen & Laine 2009, 4; Jansson ym. 2003, 13)

Lainsäädäntö	Tarkoitus
Luonnonsuojelulaki ja -asetus (1096/1996 ja 160/1997)	Luonnonsuojelulain päällimmäisenä tavoitteena on pitää yllä luonnon monimuotoisuutta, vaalia luonnonkauneutta sekä maisema-arvoja. Lain tarkoituksena on myös tukea luonnonvarojen ja ympäristön kestävää käyttöä.
Ympäristönsuojelulaki ja -asetus (86/2000 ja 169/2000)	Ympäristönsuojelulain sekä -asetuksen päällimmäisenä tarkoituksena on ohjeistaa hevostalleja muun muassa hevostallien ja lantaloiden sijoittamisessa niin, että ympäristöön kohdistuva vaara saadaan minimoitua.*
Kunnalliset ympäristönsuojelumääräykset	Kunta voi antaa kuntaa tai sen osaa koskevia yleisiä ympäristönsuojelulakiin liittyviä määräyksiä ympäristönsuojelulain 19 § nojalla.
Eläinsuojelulaki ja -asetus (247/1996 ja 396/1996)	Eläinten hyvinvointia, hyvää kohtelua sekä eläinten käyttäytymistarpeiden huomioon ottamista pyritään edistämään eläinsuojelulailla ja -asetuksella. Läänihallitukselle tulee tehdä ilmoitus, jos hevostenpito on ammattimaista tai muulla tavoin laajamittaista. Ilmoitus velvoitetaan tehtäväksi, jos tallilla on vähintään kuusi täysikasvuista hevosta.
Hevosten pidon eläinsuojeluvaatimus (MMM:n päätös nro 14/EEO/1998)	Hevosten pidolle on asetettu eläinsuojeluvaatimus maa- ja metsätalousministeriön toimesta. Eläinsuojeluvaatimuksen perusteena on suojella hevosia kärsimykseltä, tuskalta ja kivulta. Turvallisen elinympäristön ja lajityypillisen käyttäytymisen takaaminen ovat myös oleellinen osa vaatimusta. Vaatimus sisältää myös yksityiskohtaisempia suosituksia sekä määräyksiä talliolosuhteista, hevosten pitopaikasta, ulkotarhoista sekä laitumista. Vaatimuksessa korostetaan hevosten oikeaoppista käsittelyä ja kohtelua.
Hevostalouslaki 20.8.1993/796	Varsinaista hevostaloutta koskevaa lakia sovelletaan hevoseläinten (jäljempänä hevosten) jalostus- ja kilpailutoimintaan sekä hevosten ja näiden alkioiden ja sukulolujen käsittelyyn, kauppaan, maahantuontiin ja vientiin.
Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläinjätteen käsittelystä (1022/2000)	Maa- ja metsätalousministeriön antama asetus, joka koskee eläinjätteen (ruhojen) käsittelyä.
Jätelaki ja -asetus (1072/1993 ja 1390/1993)	Hevostalleja koskevat samat jätelaissa määritetyt yleiset velvollisuudet kuin muitakin. Kaikessa toiminnassa on kiinnitettävä huomiota siihen, että jätettä syntyisi mahdollisimman vähän, eikä siitä aiheudu haittaa ympäristölle tai terveydelle.*
Kunnalliset jätehuoltomääräykset	Kunta voi antaa jätehuoltoon liittyviä kuntakohtaisia, tarkennettuja ohjeita jätelain 17 § nojalla.
Terveydensuojelulaki ja -asetus (736/1994 ja 1280/1994)	Terveydensuojelulailla pyritään vaikuttamaan väestön ja yksilön terveyteen ja sen ylläpitämiseen sekä edistämiseen. Lain tarkoituksena on myös poistaa, vähentää sekä ehkäistä elinympäristöstä sellaiset tekijät, jotka saattaisivat vaikuttaa yksilön terveyteen. Laki sisältää määräyksiä muun muassa kuolleiden eläinten, jätteen sekä jätevesien käsittelystä.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)	Rakennuslupa tarvitaan hevostalliin sekä kaikkiin siihen liittyviin rakennelmiin. Myös rakennelmien olennaiset muutokset tai käyttötarkoituksen muuttuminen edellyttävät rakennuslupaa. Suunnitellun rakennuksen ja sen toiminnan on sovellettava paikalle, jotta rakennuslupa voidaan myöntää. Rakennettaessa tallia on muistettava ottaa huomioon hevosten pesupaikkaa eli märkätiloja koskevat säädökset.
Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä (542/2003)	Hevostalleihin sovelletaan yhdyskuntien viemäriverkostojen ulkopuolella sijaitsevien kiinteistöjen jätevesiä koskevaa valtioneuvoston asetusta talousjätevesien käsittelystä. Asetuksella pyritään minimoimaan ympäristöön kohdistuvaa kuormitusta ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tekniikalla. Asetus on tullut voimaan 1.1.2004 ja se koskee kaikkea uudisrakentamista voimaantulonsa jälkeen. Erillisiä siirtymäaikoja on kuitenkin myönnetty vanhemmille kiinteistöille.*
Vesihuoltolaki (119/2001)	Vesihuoltolain tavoitteena on turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemäröinti
Valtioneuvoston nitraattiasetus (931/2000)	Valtioneuvosto on antanut asetuksen, jolla pyritään rajoittamaan maataloudesta peräisin olevien nitraattien pääsyä vesistöihin.

* Laki tai asetus esitelty tarkemmin luvuissa 2.3.1, 2.3.2 ja 2.3.3

2.3.2 Ympäristönsuojelulaki- ja asetus

Ympäristönsuojelulaissa annetaan tavoitteita ja määräyksiä muun muassa ympäristön tilan pilaantumisen ehkäisemiseksi, terveellisen ympäristön turvaamiseksi sekä luonnonvarojen kestäväin käytön kehittämiseksi.

Ympäristönsuojelulain 4.2.2000/86 1 luvun 1 § on määritelty lain tavoitteet, joita ovat:

- 1) ehkäistä ympäristön pilaantumista sekä poistaa ja vähentää pilaantumisesta aiheutuvia vahinkoja,
- 2) turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö,
- 3) ehkäistä jätteen syntyä ja haitallisia vaikutuksia,
- 4) tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena,
- 5) parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon,
- 6) edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä, sekä
- 7) torjua ilmastonmuutosta ja tukea muuten kestävää kehitystä. (Ympäristönsuojelulaki 86/2000.)

Ympäristönsuojelulain sekä -asetuksen (169/2000) keskeiset määräykset hevostalouden osalta liittyvät tallin sijoitukseen, hevosten laidunnukseen, jaloittelutarhoihin ja lannan käsittelyyn. Nämä asiat on toteutettava kyseisen lain ja asetuksen mukaisesti niin, että ympäristöön kohdistuva vaara saadaan minimoitua. Koska tallitoiminnasta voi aiheutua vaaraa ympäristölle, tarvitaan sitä varten ympäristölupa. Vähintään 60 hevoselle tai ponille tarkoitettu talli tarvitsee ympäristöluvan, joka myönnetään jos tallin sijainti ja toiminta eivät haittaa terveyttä tai aiheuta merkittävää ympäristön pilaantumista tai naapuruussuhdelaissa tarkoitettua rasisusta. Näin ollen ympäristöluvan voi myös tarvita pienempikin talli. (Pesonen ym. 2008, 38.)

2.3.3 Jätelaki

Jätelain tavoitteena on tukea kestävästä kehitystä edistämällä luonnonvarojen järkevää käyttöä sekä ehkäisemällä ja torjumalla jätteistä aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle. Laki koskee jätettä, sen syntymisen ehkäisemistä sekä sen vaarallisen tai haitallisen ominaisuuden vähentämistä, jätteen hyödyntämisen edistämistä, jätehuollon muuta järjestämistä, roskaantumisen ehkäisemistä sekä roskaantuneen alueen puhdistamista. (Jätelaki 1072/1993.)

Jätelaissa määritellyt yleiset velvollisuudet koskevat myös hevosalleja. Kaikessa toiminnassa on pyrittävä siihen, että jätettä syntyy mahdollisimman vähän, eikä siitä aiheudu merkityksellistä vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle. Myös jätehuollon järjestämistä koskevat velvoitteet sekä kunnan jätehuoltomääräykset muun muassa lajittelun osalta on otettava tallitoiminnassa huomioon. Jätelakia sovelletaan myös jätteenä pidettävään lantaan ja eläinraatoihin. Lannan säilyttämisestä ja levittämisestä sekä kuolleiden eläinten käsittelystä voidaan siten antaa määräyksiä myös suoraan jätelain nojalla. (Ympäristöministeriö 2003.)

2.3.4 Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä

Valtioneuvoston asetuksen 542/2003 tarkoituksena on vähentää talousjätevesien päästöjä ja ympäristön pilaantumista ottaen erityisesti huomioon valtakunnalliset vesien suojelun tavoitteet. Tätä asetusta sovelletaan talousjätevesien käsittelyyn ja johtamiseen sekä jätevesijärjestelmien rakentamiseen ja ylläpitoon, jätevesistä muodostuviin lietteisiin sekä niiden keräilyyn ja käsittelyyn. (Valtioneuvoston asetus talousjätevesi-

en käsittelystä 542/2003.) Valtioneuvoston asetuksesta talousjätevesien käsittelystä kerrotaan tarkemmin työn luvussa 3.1 Hevostallien jätevesien käsittely.

2.3.5 Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.)

Hevostallin ja siihen liittyvien rakennelmien rakentaminen edellyttää rakennuslupaa. Rakennuslupa tarvitaan myös silloin, kun rakennukseen tehdään olennaisia muutoksia tai rakennuksen alkuperäistä käyttötarkoitusta olennaisesti muutetaan. Rakennusluvan myöntämisen edellytyksenä on, että suunniteltu rakennus ja sen mukainen toiminta soveltuvat paikalle. Tallin rakennushankkeen yhteydessä on otettava huomioon, että tallikokonaisuuteen kuuluvat aina myös lantavarasto ja riittävän kokoiset ulkotarhat. Rakennuslupaviranomaisen tulee olla tietoinen sekä ympäristönsuojelu- että eläinsuojelumääräyksistä. Tämän tulee myös olla rakennuslupaprosessin aikana yhteydessä kunnan ympäristö- ja eläinsuojeluviranomaisiin, jotta hevostenpidon edellytyksiä voitaisiin arvioida kokonaisuutena. (Ympäristöministeriö 2003.)

3 YLEISTÄ HEVOSTALouden JÄTE- JA VALUMAVESISTÄ

3.1 Hevostallien jätevesien käsittely

Hevostalouden jäte- ja pesuvesien käsittelyä koskevat samat säädökset kuin haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyä. Myös hevostallien jätevesien käsittelystä säädetään vuoden 2004 alusta voimaan tullessa Valtioneuvoston asetuksessa talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003). Asetuksen mukaan haja-asutusalueilla sijaitsevien asuinkiinteistöjen jätevesien puhdistusjärjestelmät tulee saattaa nykyvaatimusten mukaiselle tasolle 1.1.2014 mennessä, jonka jälkeen luontoon ei saa enää laskea puhdistamatonta jäte-

vettä. Asetus koskee kiinteistöjä, joita ei ole mahdollista liittää kunnalliseen viemäri-verkostoon.

Talousjätevesiasetuksessa säädetään, että talousjätevesistä ympäristöön joutuvaa kuormitusta on vähennettävä orgaanisen aineen (BHK₇) osalta vähintään 90 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 40 prosenttia verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen. Jos kiinteistö sijaitsee alueella, jolle on kunnan ympäristönsuojelumääräyksissä määritelty lievemmat vaatimukset, voidaan jätevesien puhdistuksessa soveltaa seuraavia vähennysvaatimuksia: 80 % orgaaninen aines, 70 % kokonaisfosfori ja 30 % kokonaistyppeä. Koska haja-asutusalueiden jätevesiasetus koskee myös hevostalleja, niin niiltä tulevat jätevedet, mukaan lukien hevosten pesuvedet, tulee käsitellä 1.1.2014 mennessä asetuksen mukaisesti. (VNa 542/2003.)

3.2 Hevosten pesuvesien laatu

Hevosia ei tarvitse pestä päivittäin, eikä välttämättä edes joka viikko, sillä niiden iho voi kuivua liikaa ja karvapeitteen luonnollinen suojaava rasvaisuus vähenee. Hevonen tulisi pestä vain, kun se on hikiäinen tai likainen, ja erityisesti raskaiden urheilusuoritusten, kuten ravikisojen, jälkeen (kuva 3). Myös kisoihin tai näyttelyihin valmistautuessa hevosia voidaan pestä. Pesuun riittää pelkkä vesi, mutta jos likaa on paljon tai halutaan hyödyntää joitain erityisiä ominaisuuksia, esimerkiksi kiiltoa antavaa vaikutusta, voidaan veden lisäksi käyttää hevosille tarkoitettua shampoota. Pesuvetenä käytetty vesi ei saa olla liian kylmää eikä liian kuumaa. Pesemisen jälkeen hevonen tulee kuivata hyvin ja mahdollisesti myös peitellä loimella. Vaikka hevosia ei pestäisi usein, se on silti tärkeä osa hevosten oikeaoppista hoitoa. Maa- ja metsätalousministeriö on asettanut eläinsuojeluvaatimuksen nro 14/EEO/1998 (taulukko 1), jossa säädetään millaiset elinolosuhteet hevosilla tulee olla. Myös hevosten puhtaudesta huolehtiminen on osa eläinsuojeluvaatimuksessa määriteltyä hevosten asianmukaista hoitoa ja kohtelua.



KUVA 3. Ravikisojen jälkeen hevoset tavallisesti pestään hiestä ja kurasta. Pesupaikan tulee aina olla viemäröity (Soininen 2010)

Hevosten pesuvesien laatua ei vielä ole mainittavammin tutkittu, eikä niiden laadulle ole asetettu mitään vaatimuksia. Jos hevosten pesuvetenä käytetään talousvettä, niin veden tulisi olla Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000 mukaista. Laatuvaatimukset tulisi täyttää erityisesti silloin, kun vettä käytetään myös juomavedeksi.

Hevosten pesusta aiheutuvan jäteveden laatua ei ole aiemmin juurikaan tutkittu. Hevosten jätevesien käsittelyä koskevat samat säädökset kuin haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyä. Hevosten pesuvesien laatu kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, kun suunnitellaan kiinteistölle sopivaa jätevesien käsittelyjärjestelmää. Hevosten kuona-aineet, sonta ja virtsa, voivat nostaa jäteveden ympäristöä kuormittavien aineiden pitoisuuksia merkittävästi, mikä on otettava huomioon sopivaa jätevedenkäsittelyjärjestelmää valittaessa.

3.3 Jaloittelualueiden valumavedet

3.3.1 Ulkoilualueet

Hevostarhoja on Suomessa EquineLife-hankkeessa tehdyn kyselyn mukaan noin 500 m² hevosta kohden laskettuna eli yhteensä noin 3 000 hehtaaria. Tarhoihin kertyy typpeä ja fosforia hevosten sonnasta ja ruokintapaikoilla syömättä jääneistä rehuista. Hevosten tuottama vuotuinen sontamäärä sisältää fosforia 7 - 12 kg. Tarhoihin kertyvät ravinnemäärät riippuvat hevosten ulkoiluajasta tarhoissa ja tarhojen siivous- ja pintojenvaihtotiheydestä. Fosforin enimmäispitoisuudet tarhojen valumavesissä ovat samaa tasoa kuin puhdistamattomissa asumajätevesissä (noin 20 mg/l) keskimääräisen pitoisuuden ollessa 3 - 4 mg/l. Kuormitus on korkeimmillaan kevään ensimmäisissä valumavesissä talven aikana tarhoihin kertyneiden ravinteiden liuettua sulamisvesiin jääntyneen maan pinnalla. (Närvänen 2006.)

Tarhojen jätevesien puhdistukseen soveltuu muun muassa kemiallinen saostus. Kyseistä menetelmää on MTT:llä tutkittu laboratorio- ja saavimittakaavan kokeissa vuodesta 1998 lähtien. Syksystä 2003 alkaen on Ypäjän Hevosopiston B-pihaton valumavedet puhdistettu ferrisulfaattisaostuksella ja allas/hiekkasuodatinkäsittelyllä. Rakeinen saostuskemikaali (Ferrix-3) liukenee puhdistamon tulokaivossa virtaavaan veteen alapäästään rei'itetystä annosteluputkesta. Laskeutusaltaan reunaan rakennettu hiekkasuodatin parantaa puhdistustulosta ja valuttaa kesällä altaan kuivaksi, jolloin saostuneen lietteen poisto pohjalta on helppoa. Puhdistamon ensimmäisen vuoden seurantajaksolla lähtevän veden liuenneen fosforin pitoisuuden keskiarvo oli 0,09 mg/l ja kokonaisfosforin 0,4 mg/l. Nämä pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin Suomen pelloilta valuvien vesien vastaavat pitoisuudet. Liuenneen fosforin poistuma oli tutkimuksen aikana 95 %, kokonaisfosforin 82 % ja typen 62 %. (Närvänen 2006.)

3.3.2 Harjoittelualueet

Raviradat, ratsastusmaneesit, ratsastuskentät ja muut harjoittelualueet ovat paikkoja, missä hevosia liikkuu paljon. Harjoittelualueet suunnitellaan ja rakennetaan käyttötarkoituksen mukaan, mutta myös alueiden ympäristölle aiheuttama ravinnekuormitus tulisi ottaa huomioon. Pintavaluntana ja salaojavesien mukana harjoittelualueilta tulee

huomattava määrä ravinteita ja ne tulisikin mahdollisuuksien mukaan pyrkiä kierrättämään. (Iinatti ym. 2005, 12.)

3.4 Muut maatalouden pesuvedet ja niiden käsittely

3.4.1 Aiemmat tutkimukset pesuvesistä

Vuonna 2006 on tehty tutkimus käyttöveden riittävydestä ja laadusta maatalouden suurissa tuotantoyksiköissä. Kyseisen hankkeen tarkoituksena on ollut selvittää, mistä kotieläintilat saavat käyttövetensä sekä minkälaista on käyttöveden laatu. Kirjallisuustutkimuksessa selvitettiin maatalouden käyttöveden lähteet sekä veden juoma- ja pesuvesikäyttöä maataloilla. Kotieläintiloille suunnattu kyselytutkimus tehtiin maaliskuuhun 2004. Siinä selvitettiin tilojen veden käyttöä, käyttöveden lähteitä, veden laatua, veden puutteesta johtuvien ongelmatilanteiden yleisyyttä sekä puutteen vaikutusta tilojen pesu- ja juomaveden käyttöön. (Lehto ym. 2006, 3.)

Tutkimuksessa kävi ilmi, että maataloilla vettä kului eniten eläinten juomavedeksi. Näin ollen hyvälaatuisen talousveden saanti ja riittävyys on maataloille elintärkeää. Seuraavaksi eniten vettä kului eläintilojen pesuun. Siihen tarvittava vesimäärä riippuu käytettävästä kalustosta ja pesutavasta. (Lehto ym. 2006, 26.)

Tutkimukseen osallistuneista maataloista 35 % käytti toimintoihinsa vain oman kaivon vettä. Monella tilalla oli oman kaivon lisäksi kunnallinen vesi varavesilähteenä (Lehto ym. 2006, 3). Kaivoveden laatuun vaikuttavat maa- ja kallioperän koostumus sekä kaivon läheisyydessä olevat riskitekijät. Pintavettä voidaan käyttää pesuvedeksi, mutta eläinten juomavetenä sen käyttö onnistuu varmin alkukesästä. Suurimmalla osalla tiloista kaivoveden laatua ei oltu tutkittu. Suurimmassa osassa tutkituista kaivoista veden laatu ei täyttänyt talousvedelle asetettuja laatuvaatimuksia. (Lehto ym. 2006, 25 - 26.)

3.4.2 Eläinsuojien jätevedet

Eläinsuojassa syntyvät pesu- ja jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niiden johtamisesta aiheudu ympäristön pilaantumista. Eläintilojen pesuvesien määrä vaihtelee tilakoon ja tuotantosuunnan mukaan. Veden kulutuksen ero voi olla jopa kuusinkertainen

samankokoisissa navetoissa. Eläinsuojissa sijaitsee usein sosiaalitilat suihku- ja wc-tiloihin. Suurissa eläinsuojissa sosiaalitilat saattavat olla mitoitettuja useille työntekijöille. (Ympäristöministeriö 2009.)

Pesuvesien määrä saadaan selville veden kulutusmittarin avulla, kun kokonaiskulutuksesta vähennetään eläinten kuluttama vesimäärä. Tuotannon kasvaessa veden kulutus lisääntyy huomattavasti, ja hygieniasta ja eläintautiriskeistä johtuen eläintiloja pestään yhä useammin. Parsinavetoiden pesussa pesuvesiä kertyy keskimäärin noin $2,2 \text{ m}^3/\text{vuosi}$ /lypsy-lehmä. Lihakarjakasvattamossa pesuvesiä kertyy noin $1,8 \text{ m}^3/\text{vuosi}$ /täysikasvuinen lihanauta. Sikatilojen pesuvesimäärä on noin $1,1 \text{ m}^3/8 \text{ m}^2$ kokoinen karsina. Porsastuotannossa pesuvesiä kertyy noin 0,2 - 3 litraa/emakko porsaineen/vuorokausi ja lihasikalatoinnassa noin 0,4 l/lihasika/vuorokausi. Kanaloiden ja broilerihallien pesussa kuluu vuodessa pesuvettä noin $1,5 \text{ m}^3/1\,000$ kanaa tai broileria kohti. Höyrypesussa vettä kuluu vähemmän, noin $0,7 \text{ m}^3/1\,000$ kanaa tai broileria/vuosi. Kalkkunahallin pesuvesimäärä on noin $1 \text{ m}^3/1\,000$ kalkkunaa/vuosi. (Ympäristöministeriö 2009.)

Veden käyttömäärään voidaan vaikuttaa valitsemalla käyttökohteeseen sopivat kalusteet. Suositeltavaa olisi pestä eläintilat korkeapaine- tai höyrypesurilla. Eniten pesuvettä kuluu kasvatustoiminnassa, jossa jokaisen kasvatuserän jälkeen eläintilat pestään huolellisesti. Puhtaan veden kulutusta voidaan vähentää myös vettä kierrättämällä, kuten varastopesu- tai kierrätyspesujärjestelmällä. (Ympäristöministeriö 2009.)

3.4.3 Maitohuonejätevedet ja niiden käsittely

Yksi maatalouden eniten vettä kuluttavista toiminnoista on maidontuotanto. Maitohuonejätevedellä tarkoitetaan vettä, joka syntyy maidontuotannossa, -jalostuksessa ja -säilytyksessä. Pääosan syntyvistä jätevesistä muodostaa erilaiset puhdistustoimenpiteet, kuten lypsykoneen, maitohuonetilojen ja tilasäiliön pesu. Pesuihin käytetyt kemikaalit voivat olla happamia tai emäksisiä aineita, joiden käyttökohteet vaihtelevat. (Oksa 2006, 29.)

Maitohuoneiden jätevesiä voidaan verrata teollisuuden jätevesiin, koska haitta-aineiden pitoisuudet ovat niin korkeita. Maitohuonejätevedet voidaan käsitellä yhdessä asumisjätevesien kanssa, ja käsittelymenetelmää valitessa tulisi ottaa huomioon puhdistuslaitteiston kapasiteetti sekä jäteveden väkevyys. (Oksa 2006, 29.)

Jos jätevedet käsitellään tilalla, niille on tehtävä esikäsittely. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää saostuskaivon lisäksi myös neutralointisäiliötä. Saostuskaivossa jäteveden kelluvat ja laskeutuvat ainekset erottuvat mekaanisesti ja varastoituvat kaivoon. Tehokas esikäsittely on tarpeellista, sillä siten voidaan estää varsinaisen jätevedenpuhdistusjärjestelmän tukkeutuminen. Saostussäiliöiden puhdistusteho on kuitenkin riittämätön jopa pesuvesien osalta, jotta vedet voitaisiin johtaa suoraan ympäristöön. (Oksa 2006, 30.)

Maitohuoneen jätevesien puhdistukseen suositeltava saostuskaivo on 3-osainen ja mieluiten tehdasvalmisteinen. Saostuskaivon mitoitusperiaatteina ovat puhdistettavan jäteveden määrä ja laatu. Esikäsittelymenetelmänä voidaan käyttää neutralointisäiliötä, jonka päätehtävä on jäteveden varastoiminen. (Oksa 2006, 31.)

4 JÄTEVESIEN KÄSITTELYMENETELMÄT

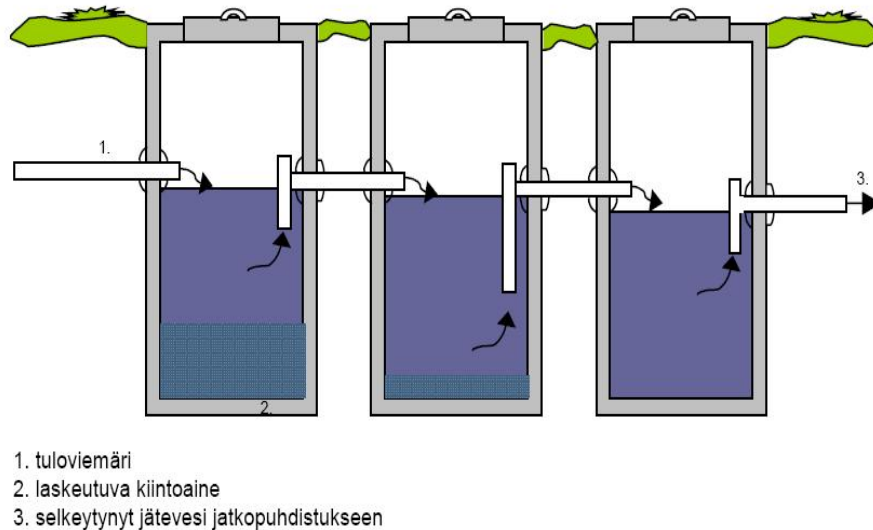
Kiinteistökohtainen jätevesienpuhdistus voidaan toteuttaa käsittelemällä kaikki jätevedet yhdessä, WC-jätevedet ja harmaat jätevedet erillään, tai muilla menetelmillä. Jätevedenkäsittelyjärjestelmää valittaessa tulee ottaa huomioon useita eri seikkoja, kuten syntyvien jätevesien määrä ja laatu (syntyykö pelkkää kotitalousjätevettä, vai onko mukana myös esimerkiksi navetan tai hevostallin jätevedet), alueen pohjavesiolot (esimerkiksi maahanimeytysjärjestelmää ei saa rakentaa tärkeillä pohjavesialueilla), alueen mahdolliset kaava- tai muut määräykset. Lisäksi tulee ottaa huomioon aluetta koskevat kunnan rakennusjärjestys- tai ympäristönsuojelumääräykset, rannan läheisyys, tiestön laatu ja läheisyys sekä tontin koko. (Kinnunen, 8 - 16.)

4.1 Erilaisia jätevedenkäsittelymenetelmiä

4.1.1 Saostuskaivo

Lähes kaikissa haja-asutuksen jätevesien käsittelymenetelmissä jäteveden esikäsittelyyn tarvitaan kaksi- tai kolmiosainen saostuskaivo (kuva 4). Saostuskaivossa jätevedestä erotetaan laskeutuva ja kelluva kiintoaines, jolloin varsinaisten käsittelyjärjestelmien kuormitus vähenee. Jäteveden viipymän saostuskaivossa on oltava riittävä kiintoaineen laskeutumisen takaamiseksi (noin 2 - 3 vrk). Oikein rakennettu saostus-

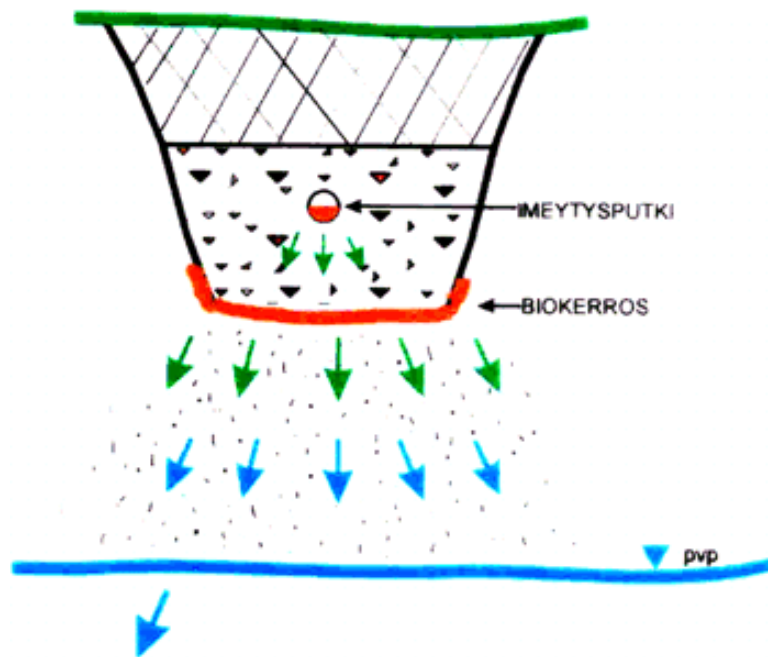
kaivo vähentää jäteveden kiintoainemäärää noin 70 %. Orgaanisen aineen, fosforin ja typen määrät vähenevät ainoastaan 10 - 20 %. Jäteveden bakteerit pidättyvät saostuskaivoon huonosti. Näin ollen pelkkä saostuskaivo ei ole riittävä jäteveden puhdistusmenetelmä. (Kinnunen, 8.)



KUVA 4. Betoninen, kolmiosainen saostuskaivo (Kinnunen, 9)

4.1.2 Maahanimeytys

Maahanimeytyksessä jätevesi johdetaan imeytysputkista jakorakenteen kautta maahan (kuva 5). Jätevesi kulkee kohti pohjavettä maakerrosten läpi suodattuessaan ja pohjaveden pinnantason saavuttaessaan se siirtyy kulkemaan pohjaveden mukana. Jätevesi voi sekoittua kokonaan tai osittain pohjaveteen, tai sitten se voi kulkea enemmän tai vähemmän kerrostuneena pohjaveden kanssa. (Suomen ympäristökeskus 2007.)



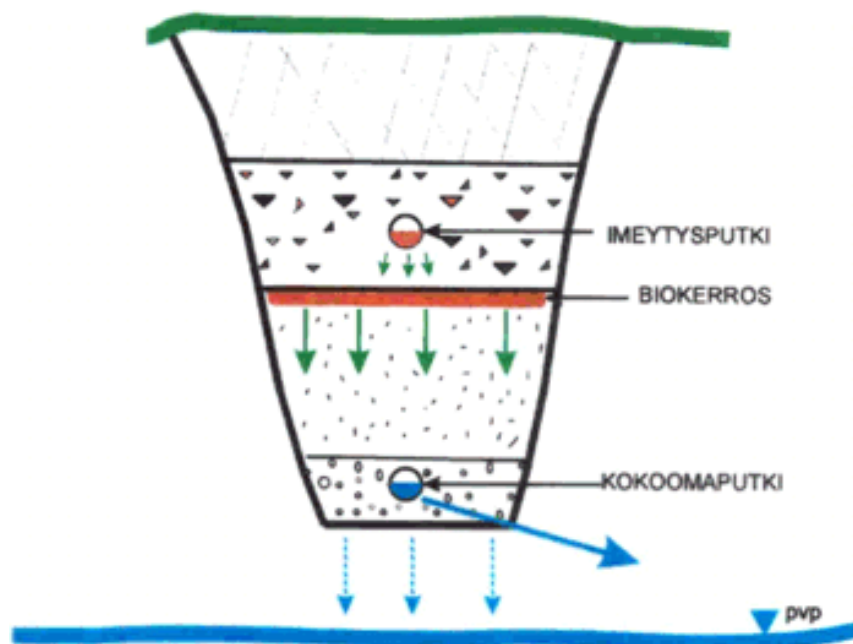
KUVA 5. Piirros maahanimeytyksen periaatteesta (Suomen ympäristökeskus 2007)

Maahanimeytyksessä jäteveden orgaanista ainetta hajoo mikrobikerroksessa, joka muodostuu tavanomaisesti jakorakenteen alapuolella olevan maakerroksen yläosaan. Fosforia sitoutuu maa-aineksen rakeisiin ja poistuu jätevedestä myös muiden reaktioiden kautta. Typeä hapettuu nitraatiksi ja voi poistua järjestelmästä osittain typpikaasuna. Nitraattina typpeä kulkeutuu helposti pohjaveteen. Jäteveden bakteereista kuolee suurin osa melko aikaisessa vaiheessa, mutta varsinkin virusten on todettu voivan kulkeutua pohjaveden mukana pitkälle. Myös jäteveden kloridit ja sulfaatit kulkeutuvat usein pohjaveden mukana. Jätevesi purkautuu yleensä pohjaveden mukana pintaveeteen, esimerkiksi järveen. (Suomen ympäristökeskus 2007.)

Maahanimeytystä suunniteltaessa on tärkeää selvittää muun muassa, että imeytettyä jätevettä ei kulkeudu kenenkään kaivoon (vedenottamoon), imeytyskohdan ja ylimmän mahdollisen pohjaveden pinnankorkeuden välillä on tarpeeksi paksu maakerros puhdistamaan jätevettä riittävästi, ja että maa-aines johtaa jätevettä sopivasti eli maa-aineksen rakeisuuskäyrä asettuu ohjeiden mukaiselle alueelle. (Suomen ympäristökeskus 2007.)

4.1.3 Maasuodatus

Jäteveden maasuodatuksessa jätevesi johdetaan imeytysputkista jakorakenteen kautta suodatinkerrokseen (kuva 6). Suodatinkerros voi olla rakeisuudeltaan ohjeiden mukaista suodatinhiekkaa tai tehdasvalmisteista suodatinmateriaalia, joka on asennettu suodatinhiekan sekaan tai erilliseksi kerrokseksi. Suodatinkerros asennetaan maahan, ja sen alapuolelle asennetaan kokoomakerros ja kokoomaputket, joista suodatettu jätevesi johdetaan purkupaikkaan, esimerkiksi avo-ojaan. (Suomen ympäristökeskus 2007.)



KUVA 6. Piirros maasuodatuksen periaatteesta (Suomen ympäristökeskus 2007)

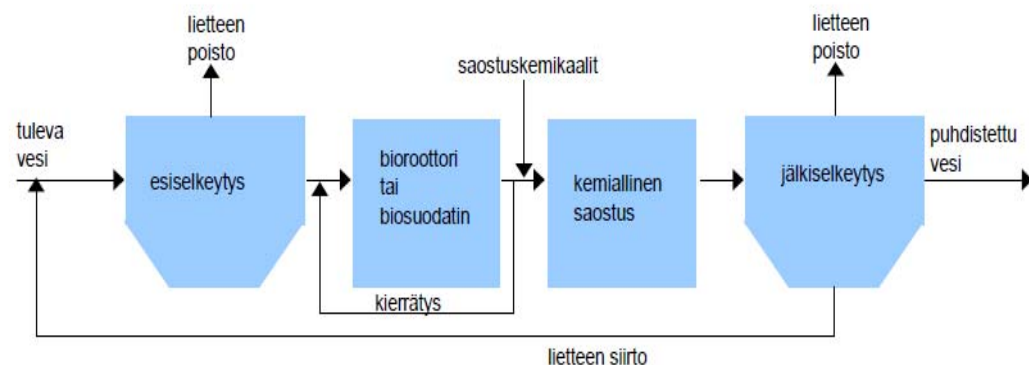
Maasuodatuksessa jäteveden orgaanista ainetta hajoaa mikrobikerroksessa, joka muodostuu tavanomaisesti suodatinkerroksen yläosaan. Fosforia sitoutuu maa-aineksen rakeisiin ja poistuu jätevedestä myös muiden reaktioiden kautta. Tavallisen suodatinhiekan fosforin sitomiskyky on rajallinen, ja fosforikuormituksen vähentämistä joudutaan usein parantamaan käyttämällä kokonaan tai erillisenä kerroksena erikoisvalmisteista suodatinmateriaalia tai yhdistämällä jätevesien käsittelyjärjestelmään fosforin poistovaihe ennen tai jälkeen maasuodatuksen. Typeä hapettuu nitraatiksi ja voi poistua osittain typpikaasuna. Jäteveden bakteereiden on todettu suurelta osin tuhoutuvan maasuodatuksessa. (Suomen ympäristökeskus 2007.)

Maasuodattusta suunniteltaessa joudutaan ratkaisemaan, eristetäänkö se vedenpitävästi perusmaasta. Ratkaisu riippuu pohjavesiolosuhteista ja kaivojen (vedenottamoiden) sijainnista. Pääsääntönä voidaan pitää, että jos pohjavesiolosuhteet eivät estäisi maa-hanimeytyksen toteuttamista, voidaan maasuodattusta käyttää ilman vesieristystä. Muussa tapauksessa eristys tarvitaan. Eristystä suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon, että suodatinkerroksen biologinen hajotusprosessi tarvitsee happea, jota järjestelmään saadaan myös yläpuolisten maakerrosten ilmasta. Maasuodatuksen toimivuutta pitää voida myös seurata jätevesinäytteiden avulla. Maasuodattusta voidaan käyttää seuraavissa jätevesien käsittelyjärjestelmissä:

- saostussäiliö tai -kaivo ja maasuodattamo
- saostussäiliö tai -kaivo ja maasuodattamo ja fosforisuodatin,
- saostussäiliö tai -kaivo ja maasuodattamo ja fosforin jälkisaostus,
- fosforin esisaostus ja saostussäiliö tai -kaivo ja maasuodattamo,
- saostussäiliö tai -kaivo ja Filtralite-suodattamo. (Suomen ympäristökeskus 2007.)

4.1.4 Laite- eli pienpuhdistamot

Laite- eli pienpuhdistamo voi olla paikan päällä tehdasvalmisteisista osista koottu, kokonaan paikan päällä valmistettu tai kokonaan tehdasvalmisteinen jätevesien käsittelyjärjestelmä (kuva 7). Viimeksi mainitulle on käytetty myös nimitystä pakettipuhdistamo. (Suomen ympäristökeskus 2009.)

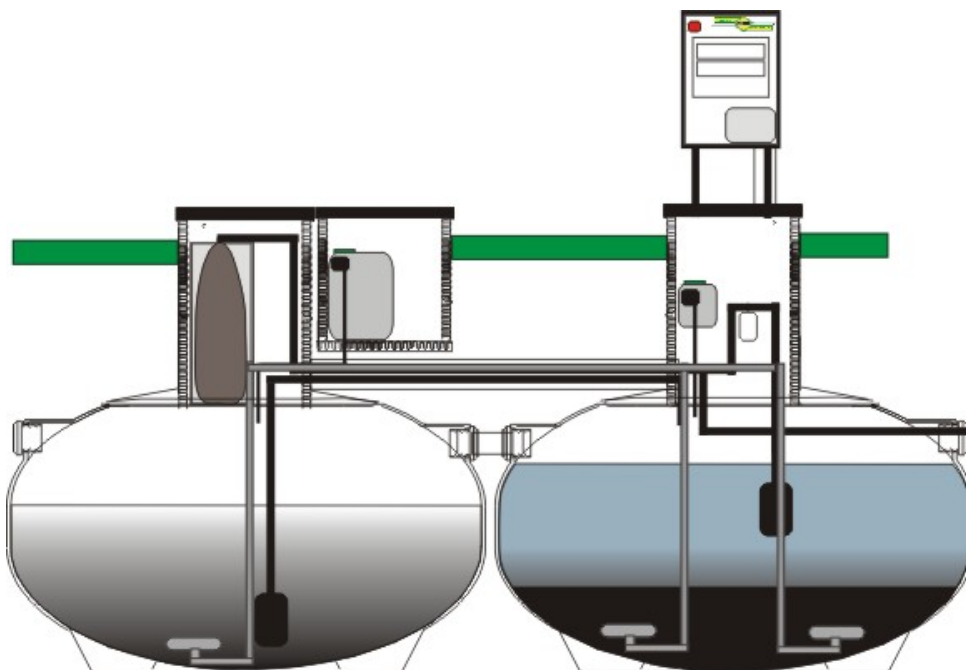


KUVA 7. Esimerkki tehdasvalmisteisesta pienpuhdistamosta (Kinnunen, 12)

Jotta jätevesien aiheuttama ympäristökuormitus vähenisi vaatimusten mukaisesti, on pienpuhdistamossa oltava sekä orgaanista ainesta että fosforikuormitusta vähentävät prosessit. Typen vähentäminen vaatimusten mukaisesti voi onnistua biologisen prosessin yhteydessä ilman erillisiä toimenpiteitä, mutta typen poistumaa voidaan tehostaa lisäämällä järjestelmään typpeä poistava prosessi. (Suomen ympäristökeskus 2009.)

Useissa pienpuhdistamoissa hoidetaan orgaanisen aineen vähentäminen biologisessa hajotusprosessissa. Puhdistamolle kasvaa niin sanottu pieneliöstö, joka hajottaa jäteveden sisältämiä monimutkaisia yhdisteitä. Pieneliöt tarvitsevat elääkseen happea, jota on jollain tavoin saatava niiden käyttöön. Tavallisesti ne ottavat happea ilmasta. Puhdistamotyypistä riippuu, miten pieneliöstö, happi ja jätevesi kohtaavat toisensa. Panospuhdistamossa, joka on tavallisen aktiivilietepuhdistamon sovellus, pieneliöstön ja jäteveden seosta ilmastetaan. Biologisessa suodattimessa taas pieneliöstö kasvaa suodattimen pintaan, johon jätevesi levitetään ja johon tuuletuksen avulla tuodaan ilman happea. Puhdistamon toimivuutta pitää voida myös seurata jätevesinäytteiden avulla. (Suomen ympäristökeskus 2009.)

On olemassa monia erilaisia jätevesien käsittelyjärjestelmiä, joihin kuuluu laite- eli pienpuhdistamo. Tällaisia järjestelmiä ovat muun muassa: Atomar panospuhdistamo, Bio Cleaner pienpuhdistamo, Bioclere biosuodin, Biolan harmaavesisuodatin, Biolan kaivopuhdistamo, BioKem panospuhdistamo, Bio-PP biosuodin, Ecolator panospuhdistamo 5, Klargest BioDisk bioroottoripuhdistamo, Microstation EP-6, Pipelife V6 panospuhdistamo, Raita Environment pakettipuhdistamot (kuva 8), Watman Bio pienpuhdistamo sekä WehoPuts panospuhdistamo. (Suomen ympäristökeskus 2009.)

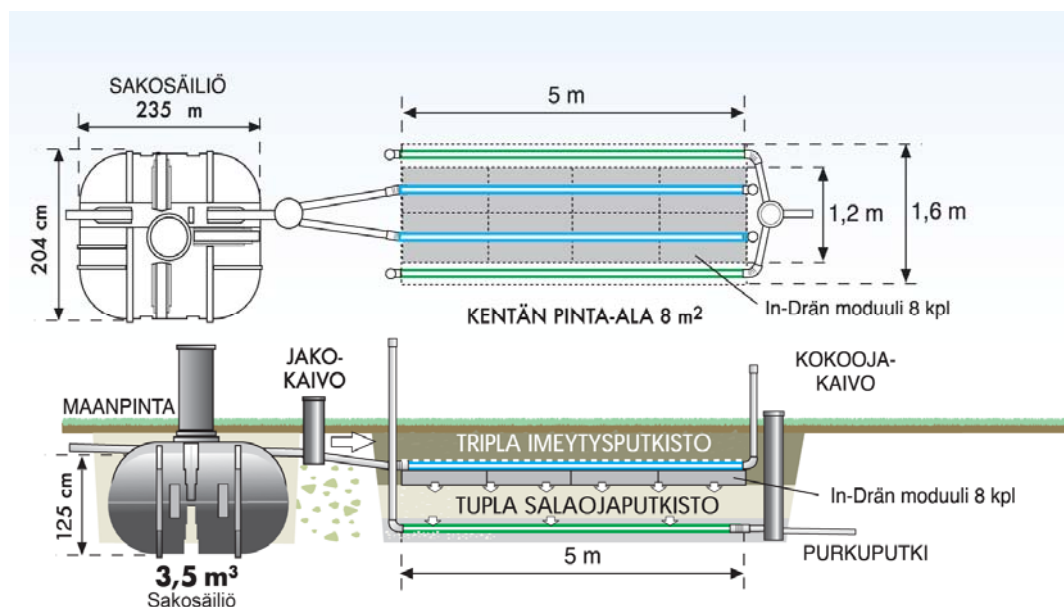


KUVA 8. Esimerkki maatalouksille, kuten maitotiloille, soveltuvasta panospuhdistamosta (Raita Environment 2009)

Puhdistamot on usein tyypitetattu standardin EN 12566-3 (CEN 2005) mukaisesti. Jos laitevalmistaja on julkistanut CE-merkinnän, ilmoitetaan tuloksista puhdistustehokkuus: BOD₇ (orgaaninen aine), kokonaisfosfori ja kokonaistyppe sekä sähkönkulutus. (Suomen ympäristökeskus 2009.)

4.1.5 IN-DRÄN -tekniikka

IN-DRÄN -käsittelymenetelmä on Suomessa uudehko vaihtoehto jätevedenkäsittelylle. Tämä kyseinen menetelmä eroaa tavanomaisesta maahanimeytyksestä imeytysputkien sijainnin ja pituuden mukaan. IN-DRÄN -menetelmässä putken pituus on aina sama maalajista huolimatta. Imeytysputket on asennettu jakokerroksena toimivien imeytysmoduulien päälle (kuva 9), jotka korvaavat maasuodattamoiden sepelikerrokset. IN-DRÄN -moduulit ovat kuitukangasta, ja niiden tehtävänä on suurentaa mikrobien kasvualustan pinta-alaa. Kennoston avulla voidaan myös varmistaa kasvuston hapensaanti jopa tukkeutumistilanteessa (Oksa 2006, 36). IN-DRÄN -käsittelymenetelmä ei varsinaisesti ole yleinen jätevedenkäsittelyjärjestelmä, vaan IN-DRÄN on FANN VA-tekniikka Ab:n rekisteröimä tuotemerkki.

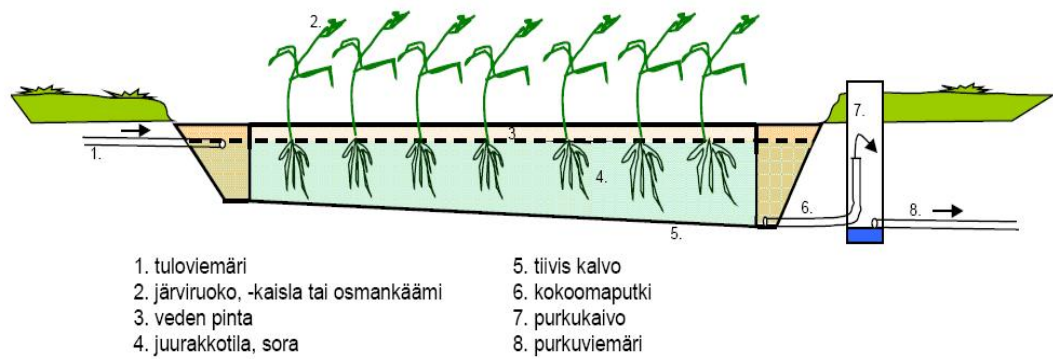


KUVA 9. IN-DRÄN -käsittelyjärjestelmä kaikille jätevesille (Jita Oy 2010)

IN-DRÄN on menetelmänä yksinkertainen eikä tukkeudu niin helposti kuin perinteinen imeytysjärjestelmä. Se ei myöskään aseta suuria vaatimuksia maaperälle, ylläpidolle tai rakentamiselle. Toisaalta IN-DRÄN vaatii kuitenkin alueelta käyttörajoitteita pinta-alaa, eikä sovellu alueille joissa pintavesi on korkealla. (Oksa 2006, 36 - 37.)

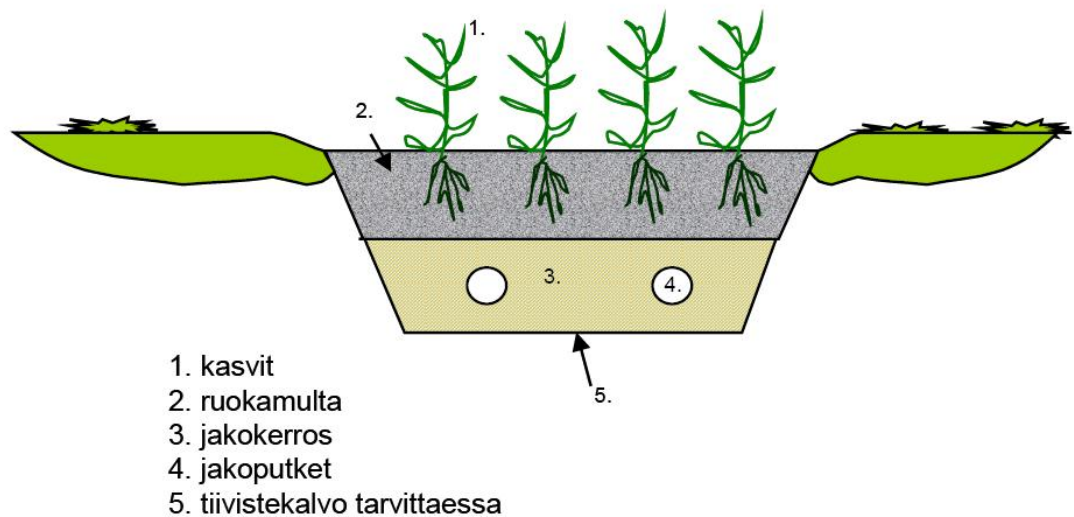
4.1.6 Juurakkopuhdistamo ja haihdutuskenttä

Juurakkopuhdistamossa puhdistuminen perustuu suodattumiseen ja kasvien kykyyn sitoa jäteveden sisältämiä aineita. Jätevesi suotautuu kulkeutuessaan juurakkovyöhykkeen läpi, ja happea kulkeutuu puhdistusprosessiin ilmaversoisten kasvien varsien ja juuriston kautta (kuva 10). Lisäksi juurakolla tulisi olla jatkuvasti vettä käytettävissä. Juurakkopuhdistamoissa käytetään kasvina yleisimmin järviruokoa, mutta myös osmankäämiä ja kurjenmiekkää. Menetelmän puhdistustulokset ovat kuitenkin olleet vaihtelevia. (Oksa 2006, 37.)



KUVA 10. Pituusleikkauskuva juurakkopuhdistamosta (Kinnunen, 11)

Matalaan perustettu maapuhdistamo eli haihdutuskenttä on menetelmä, jossa jätevesi osittain haihtuu ja kuluu osittain puhdistamon kasvien hyötykäyttöön. Haihdutuskenttä on noin 70 cm syvä ja jakokerroksen päälle levitetään kasvualustaksi sopivaa maata. Puhdistamon pohja on tiivis ja sen päälle istutetaan kasveja (kuva 11). Kyseistä menetelmää voidaan käyttää Suomen oloissa vain kesäaikaan, ja menetelmän toimivuus riippuu suuresti sademäärästä. (Oksa 2006, 37 - 38.)



KUVA 11. Poikkileikkauskuva haihdutuskentästä (Kinnunen, 11)

4.1.7 Biologinen suodatin

Biologisella suodattimella eli biosuotimella jätevettä käsitellään biologisesti suodatinmateriaalin avulla. Materiaalin pintaan muodostuu biomassakerros, joka puhdistaa

jätevettä. Suodatinmateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi kiveä tai muovia siten, että materiaalin pinta-ala on mahdollisimman suuri. Pieneliöiden hapensaantia suodattimen huokosista tehostetaan yleensä koneellisella ilmastoinnilla, ja biologista toimintaa taas tehostetaan lämmityksellä. Biosuodattimen yhteydessä voidaan käyttää vanhoja, mutta kunnostettuja esiselkeytys- ja jälkiselkeytyskaivoja. Prosessiin on mahdollista yhdistää myös fosforin saostus. Biologisessa toiminnassa voi kuitenkin esiintyä häiriöitä tilanteessa, jossa jäteveden laatu ei vastaa tavanomaista asumajätevettä. Biosuodatusmenetelmä häiriintyy herkästi, jos suotimeen joutuu öljyjä, maaleja tai liuotimia. (Oksa 2006, 38.)

4.2 Jätevesien käsittely hevostalleilla

4.2.1 Yleinen viemäriverkko

Tallien jätevesiä ovat tallitilojen ja hevosten pesuvedet sekä henkilökunnan pesu- ja käymälävedet. Tallien jätevedet voidaan johtaa joko yhteiskäsittelyyn asuinrakennuksen jätevesien kanssa tai vaihtoehtoisesti erilliseen järjestelmään. (Inatti ym. 2005, 15.)

Ensisijaisesti kaikki tallitoiminnassa muodostuva jätevesi tulisi johtaa yleiseen jätevesiverkostoon. Jätevesiverkosto on toimiva ja käyttäjälleen huoltovapaa vaihtoehto. Viemäriverkkoa kuitenkin harvoin ulotetaan haja-asutusalueille pitkien etäisyyksien vuoksi. Viemäriverkkoa voidaan helposti laajentaa myös paineviemäröinnillä. Se voidaan asentaa yhdessä vesijohdon ja myös esimerkiksi laajakaistajohtojen kanssa samaan kaivantoon. Myös kyläyhteisö voi tehdä pienimuotoisen paineviemäröinnin ja johtaa vedet yhteiseen käsittelyyn. (Inatti ym. 2005, 15.)

4.2.2 Jäteveden käsittely viemäriverkoston ulkopuolella

Talousjätevesiasetuksen mukaan pelkkä saostussäiliökäsittely ei ole enää riittävän tehokas jätevesien puhdistusmenetelmä. Hyväksyttävä käsittely silloin, kun järjestelmään johdetaan myös vesikäymälän jätevesiä, on olosuhteista ja jäteveden laadusta riippuen esimerkiksi maasuodatin tehostettuna fosforin poistolla. Ennen maasuodattamista jätevedet tulee johtaa 3-osaiseen sakokaivojärjestelmään. (Inatti ym. 2005, 15.)

Tallin jätevedet voidaan johtaa joko yhteiskäsittelyyn asuinrakennuksen jätevesien kanssa tai vaihtoehtoisesti erilliseen järjestelmään tai vastaavaan pienpuhdistamoon. Mikäli rakennuksessa on kuivakäymälä tai kompostoiva käymälä, muille jätevesille riittää esimerkiksi pelkkä maasuodattamo. Umpisäiliö, josta jätevedet kuljetetaan puhdistamoon, tulee yleensä kyseeseen vain väliaikaisratkaisuna. (Iinatti ym. 2005, 15.)

5 KOEJÄRJESTELYT JA NÄYTTEENOTTO

5.1 Pesuvesinäytteiden näytteenotto

Hevosten pesemiseen käytetystä pesuvedestä otettiin näytteitä touko-kesäkuussa 2010 Mikkelin Raviradalta Toto-ravien aikaan 25.5.2010, sekä TotoTV-ravien aikaan 3.6.2010 ja 17.6.2010. Näytteitä otettiin kahdelta erilliseltä pesupaikalta, joiden sakokaivot oli puhdistettu ennen näytteenottoa lannasta ja muista epäpuhtauksista, sekä huuhdeltu talousvedellä. Pesupaikoilla on betoniset alustat ja pesuvedet johdetaan sakokaivojen kautta kunnalliseen jätevesiviemäriin. Mikkelin Raviradan käyttövesi on peräisin kunnallisesta vesijohtoverkosta.

Näytteet otettiin kokoomanäytteinä, ja näytteenotto tapahtui aina yhden hevosen pesun jälkeen. Kokoomanäyte koostui aina viiden hevosen pesuvesistä. Kaikki hevoset pesitiin näytteenoton aikana pelkällä vesijohtovedellä ilman pesuaineiden tai muiden kemikaalien käyttöä. Näytteenotto tapahtui siten, että kaivon kansi nostettiin pois paikoiltaan ja kaivosta otettiin kauhalla vesisankoon kaksi litraa pesuvettä. Yhteensä pesuvettä otettiin 10 litraa yhtä kokoomanäytettä kohden. Astioina käytettiin 10 litran vesisankoja, joista vesi siirrettiin näytepulloihin. *Escherichia colien* ja koliformisten bakteerien tutkimista varten otettiin 25.5.2010 otetuista pesuvesinäytteistä näytteet myös steriileihin 100 ml:n pulloihin, joista tehtiin mikrobiologiset määritykset seuraavana päivänä. Kemiallisia määrityksiä varten otetut näytteet pakastettiin odottamaan analyysien tekoa. Taulukossa 1 on esitetty pesuvesinäytteiden numerointi, näytteenottopäivämäärät sekä näytteistä analysoidut ominaisuudet.

TAULUKKO 1. Pesuvesinäytteiden numerointi, näytteenotto sekä näytteistä analysoidut ominaisuudet

Kokoomanäytteen näyttenumero	Näytteenotto- päivämäärä	Analysoidut ominaisuudet
1	25.5.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇ sekä <i>E.coli</i> ja koliformiset bakteerit
2	25.5.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇ sekä <i>E.coli</i> ja koliformiset bakteerit
3	25.5.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇ sekä <i>E.coli</i> ja koliformiset bakteerit
4	3.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇
5	3.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇
6	3.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇
7	17.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇
8	17.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇
9	17.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori, BHK ₇

Ensimmäisen näytteenottokerran kokoomanäytteistä 1 - 3 koottiin yksi pesuvesinäyte opinnäytetyön laskeutuskoea varten (näytemäärä 15 l). Laskeutuskokeissa käytetyn kokoomanäytteen numero on 10.

5.2 Käytetyt analyysimenetelmät

Analyytit tehtiin Mikkelin Ammattikorkeakoulu Oy:n ympäristölaboratoriossa osana ”Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta” -hanketta. Seuraavissa luvuissa on kuvattu tarkemmin analyyseissä käytetyt menetelmät sekä koejärjestelyt.

5.2.1 Kemialliset menetelmät

Pesuvesinäytteiden analysoimisessa käytettiin kemiallisille ominaisuuksille soveltuvia analyysimenetelmiä, mitkä on esitetty taulukossa 2. Pakastetut kokoomanäytteet sulatettiin aina huoneenlämmössä ennen niiden analysointia.

TAULUKKO 2. Hevosten pesuvesien analyysimenetelmät ja mittalaitteet

Analyysit	Analyysimenetelmä tai mittalaite
Johtokyky (mS/m)	SFS 27888: Veden laatu. Sähkönjohtavuuden määrittäminen
pH	SFS 3021: Veden pH-arvon määrittäminen
Kokonaistyyppi (mg/l)	SFS 5505: Jäteveden epäorgaanisen ja orgaanisen typen määrittäminen. Modifioitu Kjeldahlmenetelmä
Kokonaisfosfori (mg/l)	SFS 3026: Veden kokonaisfosforin määrittäminen. Hajotus peroksidisulfaattilla
Liukoinen fosfori eli fosfaatti (mg/l)	SFS 3025: Veden fosfaatin määrittäminen
Orgaaninen aines BHK ₇ (mg/l)	Respirometric BOD-measurement (ASTM 5210 D), The OxiTop System
Ammoniumtyppi (mg/l)	V-2000 Photometer, CHEMetrics, K-1403

5.2.2 Mikrobiologiset menetelmät

25.5.2010 otetuista pesuvesinäytteistä (näytteet 1, 2 ja 3) määritettiin Colilert-testillä *Escherichia coli* sekä koliformiset bakteerit. Testi perustuu näiden bakteerien entsyymiaktiivisuuksien mittaamiseen. Kun koliformit kasvavat Colilertissä, B-galaktosidaasi -entsyymi hajottaa ONPG-substraatin, jolloin vapautuva yhdiste muuttaa värittömän kasvualustan kirkkaan keltaiseksi. Kun *E.coli* kasvaa Colilertissä, B-glukuronidaasi -entsyymi hajottaa MUG-substraatin, jolloin vapautuu UV-valossa (365 nm) fluoresoiva yhdiste. (Colilert 24 käyttöohje.)

Colilert-testi on ollut mukana Terveystieteiden ja hyvinvointilaitoksen hankkeessa, jossa testattiin Colilertin luotettavuutta ja soveltuvuutta *Escherichia coli* -bakteerin ja koliformisten bakteerien tutkimiseen talousvedenlaadun viranomaisvalvonnassa Suomessa. Hankkeen verifiointiaineiston perusteella Colilert-menetelmä antoi noin 57 % suu-

rempia koliformisten bakteerien tuloksia kuin referenssimenetelmä. *E. coli* -tulosten osalta Colilert-menetelmän saanto suhteessa referenssimenetelmään oli riippuvainen vertailussa käytetyistä näytetyypeistä: jätevedellä siirrostettuja näytteitä käytettäessä Colilert-menetelmä osoittautui paremmaksi kuin ISO 9308-1 -menetelmä, kun taas pinta- ja kaivovesillä siirrostettuja näytteitä tutkittaessa tulos oli päinvastainen. Tehtyjen testien perusteella todettiin, että Colilert-testi soveltuu sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 461/2000 mukaisiin koliformisten bakteerien ja *Escherichia coli* -bakteerin tutkimuksiin standardimetelmien SFS-EN ISO 9308-1 ja SFS 3016 rinnalle. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2009, 23 - 24.)

5.3 Peruslaskeutuskokeen koejärjestelyt ja -menetelmät

25.5.2010 otetuille hevosten pesuvesille tehtiin peruslaskeutuskokeita. Kokeita varten yhdistettiin kokoomanäyte kolmesta kokoomanäytteestä (heppa 1, 2 ja 3) yhteen isoon kanisteriin (yhdistetty kokoomanäyte 10). Peruslaskeutuskoe tehtiin kahdella eri kemikaalilla, alumiinikloridilla ja rautakloridilla, sekä vertailun vuoksi myös ilman kemikaaleja. Kokeet, joissa käytettiin kemikaaleja, tehtiin kolmella eri kemikaalimäärällä: 2,0 ml, 8,0 ml ja 12,0 ml, jolloin pitoisuudet olivat 10,0 mg/l, 40,0 mg/l ja 60,0 mg/l. Taulukossa 3 on esitetty laskeutusnäytteiden numerointi, näytteenottopäivämäärät sekä näytteistä analysoidut ominaisuudet.

TAULUKKO 3. Laskeutusnäytteiden numerointi, näytteenotto sekä näytteestä analysoidut ominaisuudet

Laskeutusnäytteen numero	Kuvaus näytteestä	Näytteenottopäivämäärä	Analysoidut ominaisuudet
10	Kokoomanäyte eli niin sanottu alkunäyte	25.5.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
11	Ilman kemikaaleja laskeutettu näyte	4.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 A	Al lisäys 2,0 ml, pitoisuus 10 mg/l	4.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 AA	Al lisäys 2,0 ml, pitoisuus 10 mg/l	8.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 B	Al lisäys 8,0 ml, pitoisuus 40 mg/l	4.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 BB	Al lisäys 8,0 ml, pitoisuus 40 mg/l	9.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 C	Al lisäys 12,0 ml, pitoisuus 60 mg/l	4.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
12 CC	Al lisäys 12,0 ml, pitoisuus 60 mg/l	8.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 A	Fe lisäys 2,0 ml, pitoisuus 10 mg/l	7.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 AA	Fe lisäys 2,0 ml, pitoisuus 10 mg/l	8.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 B	Fe lisäys 8,0 ml, pitoisuus 40 mg/l	7.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 BB	Fe lisäys 8,0 ml, pitoisuus 40 mg/l	9.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 C	Fe lisäys 12,0 ml, pitoisuus 60 mg/l	7.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori
13 CC	Fe lisäys 12,0 ml, pitoisuus 60 mg/l	9.6.2010	pH, sähkönjohtokyky, kok. N, ammoniumtyppi, kok. P, liukoinen fosfori

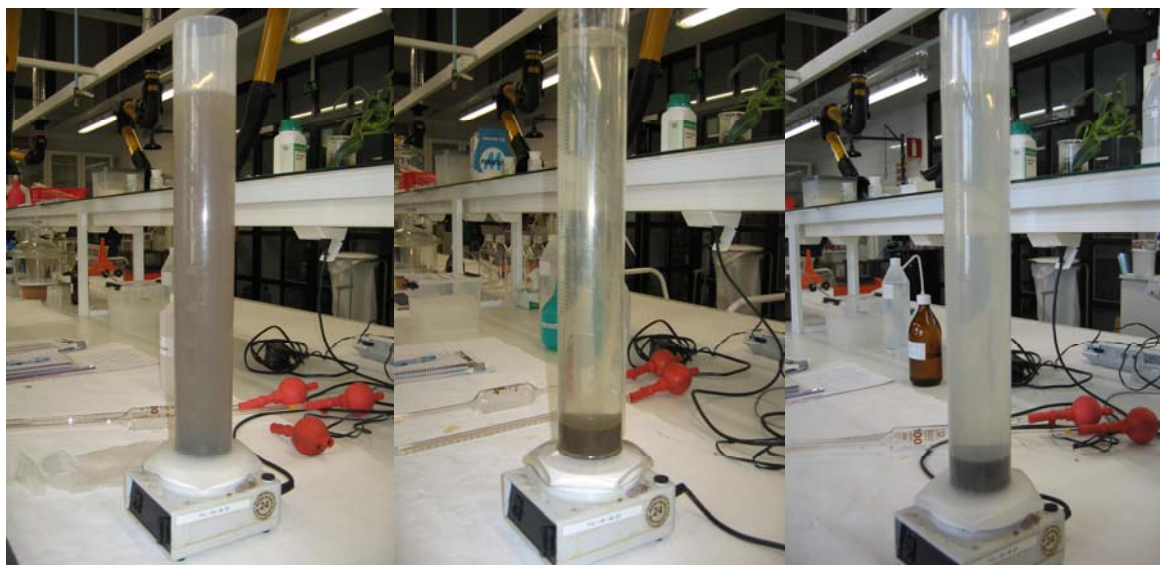
Ilman kemikaaleja tehty laskeutuskoe toteutettiin siten, että otettiin kokoomanäyttees-
tä litra pesuvettä 1 000 ml mitta-astiaan, minkä jälkeen astia laitettiin magneettisekoit-
tajan päälle. Vettä sekoitettiin sekoittajan avulla ensin 60 sekuntia täydellä nopeudella
ja sen jälkeen hiljaisemmalla sekoitusnopeudella 20 minuuttia. Vesi sekoittui myös
astian pinnasta. Lopuksi näytteen annettiin laskeutua 30 minuuttia, minkä jälkeen otet-
tiin näytepinnasta 350 ml näytettä analysoitavaksi (näyttenumero 11). Kuvassa 12 on
esitetty analysoitavaksi otettavan pintanäytteen ottaminen.



KUVA 12. Näytteenotto näytepinnasta laskeutuksen jälkeen (Laitinen 2010)

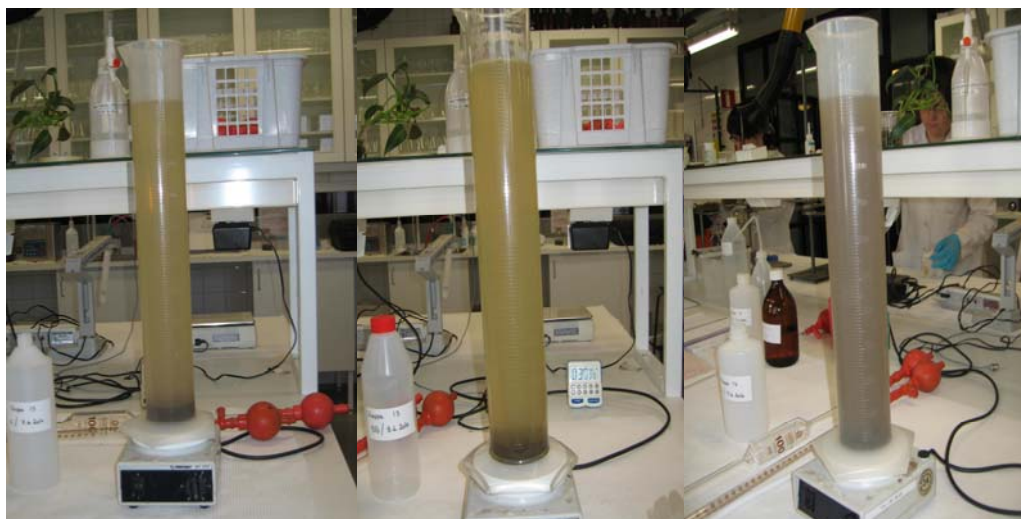
Alumiinikloridilla tehtävää laskeutuskoea varten tehtiin ensin käytettävä kemikaali
eli 1 %:n vahvuinen alumiinikloridiliuos (AlCl_3). Laskeutuskokeeseen otettiin ko-
koomanäytettä (näyttenumero 10) kolmeen 1 000 ml mitta-astiaan 1 litra pesuvettä
astiaa kohden. Tämän jälkeen astiat laitettiin magneettisekoittajien päälle sekoittu-
maan. Pesuvesien joukkoon lisättiin 2 ml (näytteet 12A ja 12AA), 8 ml (näytteet 12B
ja 12BB) ja 12 ml (näytteet 12C ja 12 CC) alumiinikloridia, ja näytteitä sekoitettiin

täydellä nopeudella 60 sekunnin ajan. Tämän jälkeen näytteiden annettiin sekoittua hiljaisella nopeudella 20 minuutin ajan niin, että vesi sekoittui myös pinnasta. Lopuksi näytteiden annettiin laskeutua 30 minuuttia, minkä jälkeen otettiin kustakin näytepinnasta 350 ml näytettä. Näytteille tehtiin myös rinnakkaisnäytteet. Kuvassa 13 on esitetty, kuinka pesuveden sisältämä kiinteä aines on laskeutunut, kun näytteeseen lisättiin 1 %:n vahvuista alumiinikloridiliuosta 2 ml, 8 ml tai 12 ml.



KUVA 13. Kuvassa vasemmalla laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 2 ml alumiinikloridia; keskellä laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 8 ml alumiinikloridia; ja oikealla laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 12 ml alumiinikloridia (Loisa 2010)

Rautakloridilla tehtävää laskeutusta varten tehtiin ensin käytettävä saostuskemikaali eli 1 %:n vahvuinen rautakloridiliuos (FeCl_3). Varsinainen laskeutuskoe toteutettiin samalla tavalla kuin alumiinikloridilla, mutta saostuskemikaalina käytettiin rautakloridia. Laskeutuksen jälkeen otettiin jokaisen näyteastian näytepinnasta 350 ml näytettä analysointia varten. Näytteille tehtiin myös rinnakkaisnäytteet. Kuvassa 14 on esitetty, kuinka pesuveden sisältämä kiinteä aines on laskeutunut, kun lisättiin 2 ml (näytteet 13A ja 13AA), 8 ml (näytteet 13B ja 13BB) tai 12 ml (näyte 13C ja 13CC) 1 %:n vahvuista rautakloridiliuosta.



KUVA 14. Kuvassa vasemmalla laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 2 ml rautakloridia, keskellä laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 8 ml rautakloridia, ja oikealla laskeutettu pesuvesinäyte, johon on lisätty 12 ml rautakloridia (Loisa 2010)

6 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

6.1 Hevosten pesuvesien laatu

Kevään ja kesän 2010 aikana otetuista pesuvesinäytteistä tutkittiin niiden mikrobiologista ja kemiallista laatua. Pesuvesien laatu ja pitoisuudet ovat tärkeitä tietää muun muassa jätevesien käsittelymenetelmää suunniteltaessa ja valittaessa.

Taulukossa 4 on esitetty 25.5.2010, 3.6.2010 ja 17.6.2010 otettujen pesuvesinäytteiden (yhteensä 45 hevosen pesuvesinäytteet) tulokset. Taulukossa on esitetty näytteistä saatujen tulosten pienin ja suurin arvo.

TAULUKKO 4. Pesuvesinäytteiden tulokset ja VNa 542/2003 raja-arvot puhdistusvaatimuksista

Parametri	Pesuvesinäytteiden analyysitulokset	Annettu raja-arvo puhdistusvaatimuksista (VNa 542/2003)
pH	7,37 - 8,72	Ei raja-arvoa
Sähkönjohtavuus (mS/cm)	1,49 - 5,47	Ei raja-arvoa
Orgaaninen aines BHK ₇ (mg/l)	430 - 1 900	Käsittelyn puhdistusteho vähintään 90 %
Kokonaisfosfori P (mg/l)	3,9 - 7,1	Käsittelyn puhdistusteho vähintään 85 %
Liukoinen fosfori eli fosfaatti (mg/l)	3,0 - 6,4	Ei raja-arvoa
Kokonaistyyppi N (mg/l)	128 - 292	Käsittelyn puhdistusteho vähintään 40 %
Ammoniumtyppi (mg/l)	16,5 - 56,0	Ei raja-arvoa

25.5.2010 otetuista pesuvesinäytteistä 1,2 ja 3 analysoitiin myös niiden mikrobiologisen laatu Colilert-testillä. Koliformisten bakteerien määrä näytteissä on erittäin korkea eli yli 200 mpn (most probable number) /100 ml. UV-valolla katsottaessa havaittiin jokaisessa pesuvesiliuskassa kauttaaltaan *E.colia*, joten sitäkin oli pesuvesinäytteissä runsaasti (yli 200 mpn/100 ml).

E.colien ja koliformisten runsas määrä näytteissä johtuu todennäköisesti siitä, että pesuveden mukana sakokaivoihin on kulkeutunut hevosten sontaa ja virtsaa. Näin ollen myös sakokaivoista otetuissa pesuvesinäytteissä on ollut mukana myös sontaa ja virtsaa, jotka nostavat merkittävästi *E.colien* ja koliformisten bakteerien määrää näytteissä.

6.2 Laskeutuskokeiden tulokset

Pesuvesien laskeutuskokeet tehtiin kahta saostuskemikaalia (AlCl₃ ja FeCl₃) käyttäen. Seuraavissa luvuissa on esitetty kokeiden tulokset. Taulukossa 5 on esitetty laskeutettujen pesuvesinäytteiden tulosten yhteenveto sekä VNa 542/2003 annetut raja-arvot

puhdistusvaatimuksista. Taulukossa on esitetty näytteistä saatujen tulosten pienin ja suurin arvo.

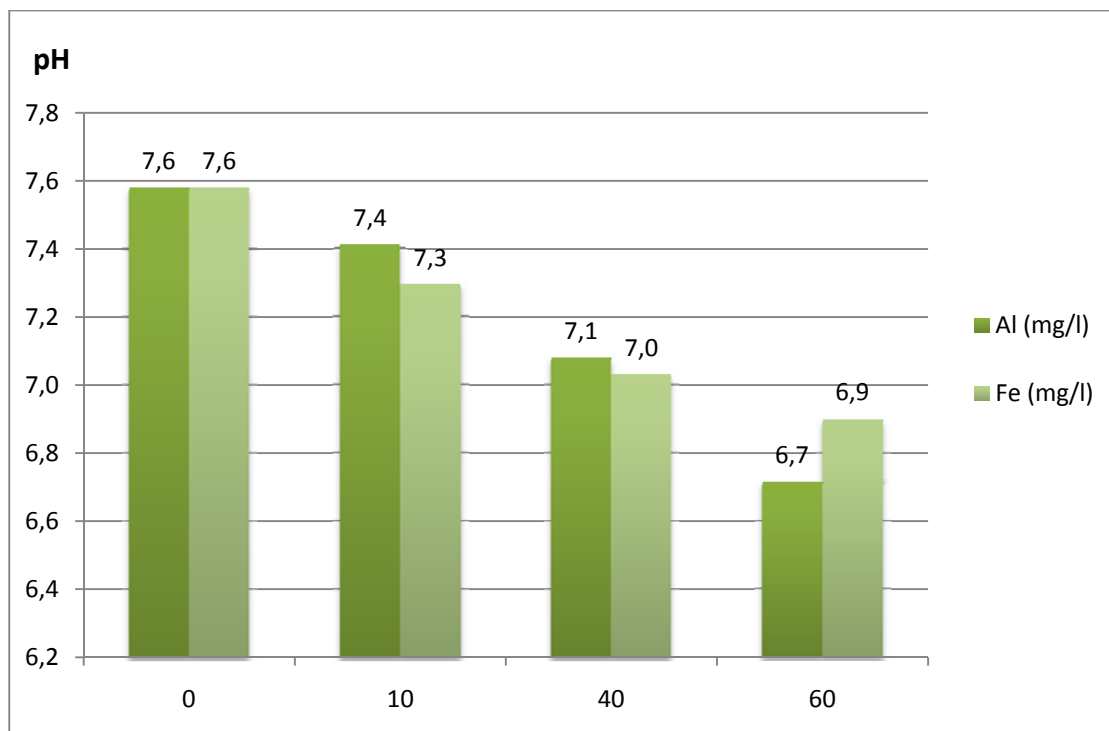
TAULUKKO 5. Laskeutettujen pesuvesinäytteiden tulosten yhteenveto ja VNa 542/2003 raja-arvot puhdistusvaatimuksista

Parametri	Pesuvesinäytteiden analyysitulokset	Annettu raja-arvo puhdistusvaatimuksista (VNa 542/2003)
pH	6,69 - 7,62	Ei raja-arvoa
Sähkönjohtavuus (mS/cm)	3,33 - 4,18	Ei raja-arvoa
Kokonaisfosfori P (mg/l)	0,09 - 5,00	Käsittelyn puhdistusteho vähintään 85 %
Liukoinen fosfori eli fosfaatti (mg/l)	0,03 - 4,33	Ei raja-arvoa
Kokonaistyyppi N (mg/l)	102 - 186	Käsittelyn puhdistusteho vähintään 40 %
Ammoniumtyppi (mg/l)	63 - 119	Ei raja-arvoa

6.2.1 Näytteiden pH-arvot

Laskeutuskokeiden aikana seurattiin näytteiden pH-arvoja ja niiden muutoksia. Kuvassa 15 on esitetty pH-arvojen vaihtelua laskeutetuissa pesuvesissä, kun niihin on laskeutusvaiheessa lisätty 10 mg/l, 40 mg/l tai 60 mg/l alumiinia tai rautaa. Ensimmäiset pylväät kuvaavat nollanäytteiden eli käsittelemättömän näytteen (näyte 10) pH-arvoja.

Kuvasta 15 voimme havaita, että aluksi saostuskemikaalina käytetty rauta alentaa pH-arvoa enemmän kuin alumiini. Kun lisättiin kemikaalia 60 mg/l, alumiini alensi pH-arvoa enemmän kuin rauta. Molempien kemikaalien kohdalla pH-arvon aleneminen on kuitenkin melko tasaista.

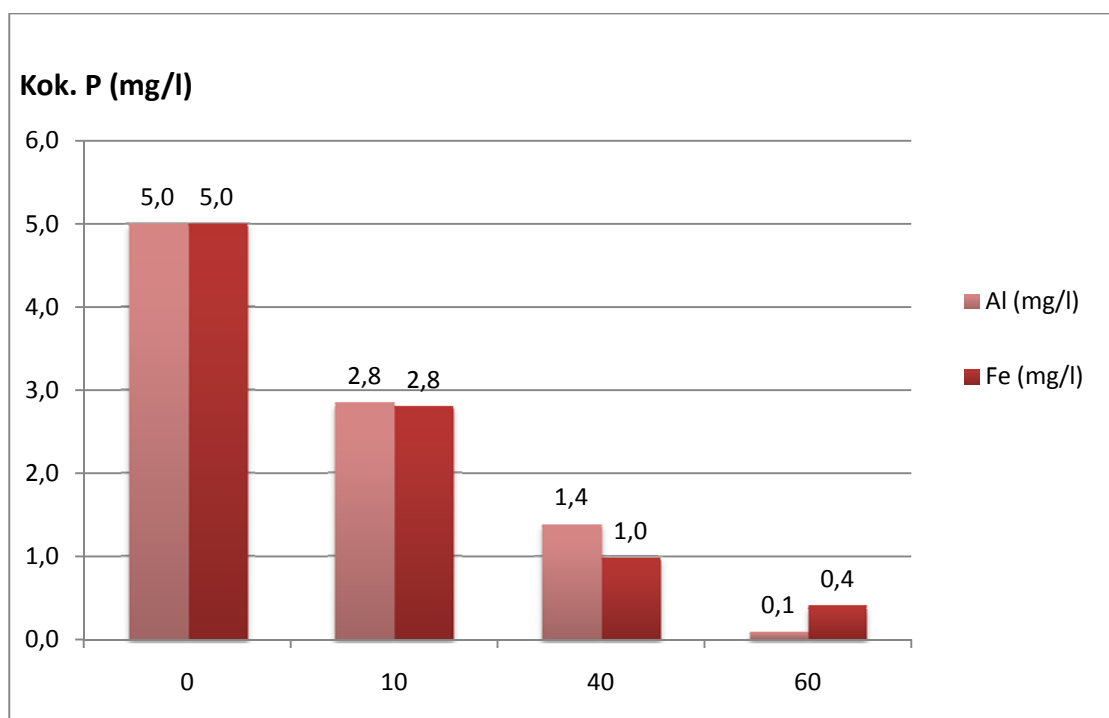


KUVA 15. Laskeutettujen pesuvesien pH-arvojen vaihtelu, kun käsiteltävään veteen on lisätty eri pitoisuuksia saostuskemikaalia (alumiini tai rauta)

6.2.2 Kokonaisfosforipitoisuudet

Kuvassa 16 on esitetty kokonaisfosforin määrän vaihtelua laskeutetuissa pesuvesissä, kun niihin on laskeutusvaiheessa lisätty 10 mg/l, 40 mg/l tai 60 mg/l alumiinia tai rautaa. Ensimmäiset pylväät kuvaavat nollanäytteiden eli käsittelemättömien näytteiden kokonaisfosforin määrää.

Kuvasta 16 voimme havaita, että kemikaalien lisäykset laskevat huomattavasti ja tasaisesti kokonaisfosforin määrää laskeutetuissa pesuvesissä. Suurimmalla kemikaalin lisäyksen määrällä alumiini laskee kokonaisfosforin määrää selkeästi enemmän kuin rauta.

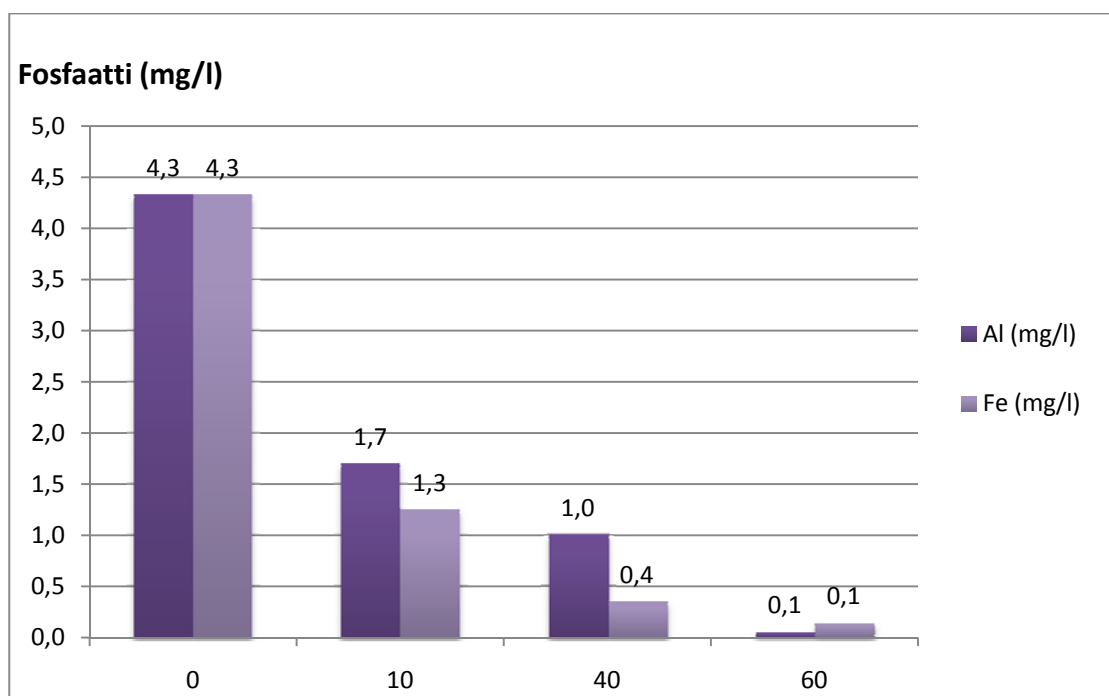


KUVA 16. Laskeutettujen pesuvesien kokonaisfosforin määrän vaihtelu, kun käsiteltävään veteen on lisätty eri pitoisuuksia saostuskemikaalia (alumiini tai rauta)

6.2.3 Liukoisen fosforin pitoisuudet

Kuvassa 17 on esitetty liukoisen fosforin eli fosfaatin määrän vaihtelua laskeutetuissa pesuvesissä, kun niihin on laskeutusvaiheessa lisätty 10 mg/l, 40 mg/l tai 60 mg/l alumiinia tai rautaa. Ensimmäiset pylväät kuvaavat nollanäytteiden eli käsittelemättömien näytteiden fosfaatin määrää.

Kuvasta 17 voimme havaita, että kemikaalien lisäykset laskevat huomattavasti ja melko tasaisesti fosfaatin määrää laskeutetuissa pesuvesissä. Pitoisuuksilla 10 mg/ ja 40 mg/ l rauta laskee fosfaatin määrää enemmän kuin alumiini, mutta pitoisuudella 60 mg/l alumiini laskee määrää selvästi enemmän.

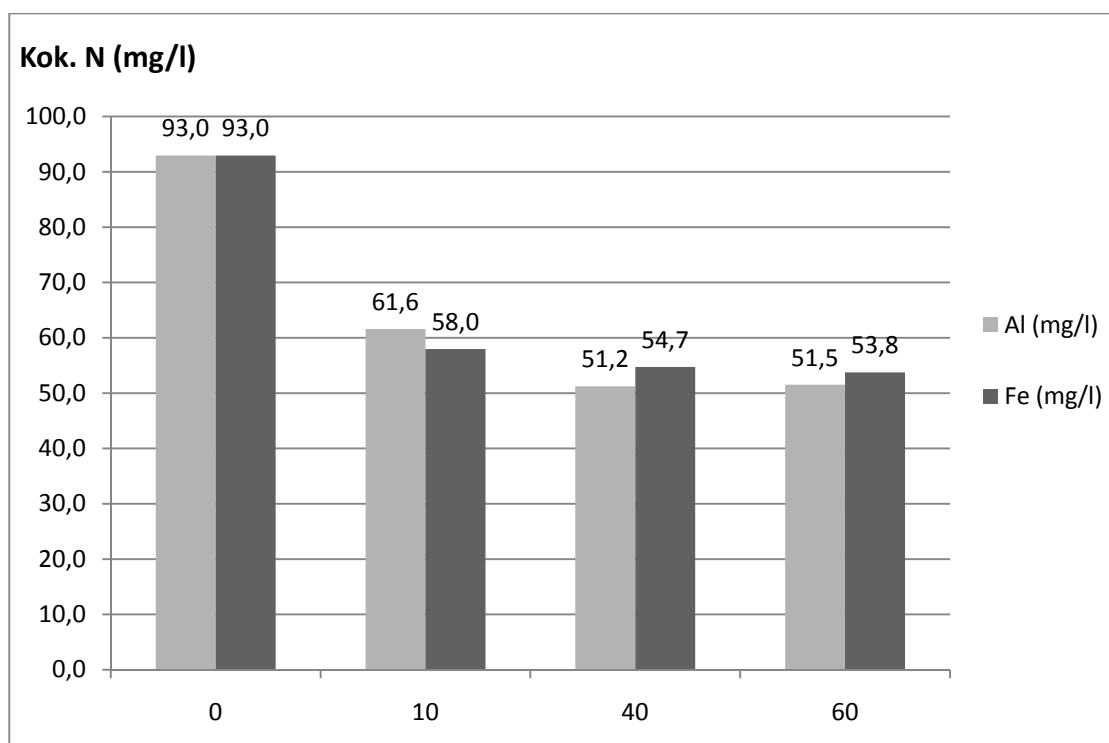


KUVA 17. Laskeutettujen pesuvesien fosfaatin määrän vaihtelu, kun käsiteltävään veteen on lisätty eri pitoisuuksia saostuskemikaalia (alumiini tai rauta)

6.2.4 Kokonaistypen pitoisuudet

Kuvassa 18 on esitetty kokonaistypen määrän vaihtelua laskeutetuissa pesuvesissä, kun niihin on laskeutusvaiheessa lisätty 10 mg/l, 40 mg/l tai 60 mg/l alumiinia tai rautaa. Ensimmäiset pylväät kuvaavat nollanäytteiden eli käsittelemättömien näytteiden kokonaistypen määrää.

Kuvasta 18 voimme havaita, että kemikaalien lisäys laskee huomattavasti kokonaistypen määrää laskeutetuissa pesuvesissä. Rauta laskee kokonaistypen määrää melko tasaisesti, mutta kemikaalilisäysten välillä ei kuitenkaan ole suuria eroja. Pitoisuuksilla 10 mg/l ja 40 mg/l alumiini laskee kokonaistypen määrää hieman enemmän kuin rauta, mutta pitoisuudella 60 mg/l alumiini ei enää vaikuta kokonaistypen määrään.



KUVA 18. Laskeutettujen pesuvesien kokonaistypen määrän vaihtelu, kun käsiteltävään veteen on lisätty eri pitoisuuksia saostuskemikaalia (alumiini tai rauta)

6.2.5 Tulosten yhteenveto

Valtioneuvoston asetuksen 542/2003 mukaan kokonaisfosforin puhdistusteho jätevedenkäsittelyprosessissa tulee olla vähintään 85 % ja kokonaistypen vähintään 40 %. Taulukosta 6 voimme huomata, että kokonaisfosfori puhdistui riittävästi vain näytteissä 12C (lisätty 12 ml alumiinia) ja 13C (lisätty 12 ml rautaa). Kokonaistyyppi puhdistui riittävästi näytteissä 12B (lisätty 8 ml alumiinia), 12C (lisätty 12 ml alumiinia), 13B (lisätty 8 ml rautaa) ja 13C (lisätty 12 ml rautaa).

TAULUKKO 6. Laskeutettujen pesuvesinäytteiden näytenumero, saostuskemikaali ja pitoisuus, sekä kokonaistypen ja -fosforin puhdistuvuusprosentit

Näytenumero	Saostuskemikaali ja pitoisuus	Kokonaistypen puhdistuvuus- %	Kokonaisfosforin puhdistuvuus- %
11	-	27	28
12A	Al 10 mg/l	26	43
12B	Al 40 mg/l	43	72
12C	Al 60 mg/l	45	98
13A	Fe 10 mg/l	27	44
13B	Fe 40 mg/l	42	81
13C	Fe 60 mg/l	42	92

Näiden tulosten perusteella pelkkä laskeutus ei ole riittävä puhdistuskeino hevostalouden pesu- ja jätevesille. Kemikaalien lisäys kasvattaa kuitenkin selvästi puhdistustehokkuutta kokonaistypen osalta. Näin ollen alumiinin ja raudan käyttöä kokonaistypen määrän vähentämiseen jätevedenpuhdistusprosessissa kannattaisi tutkia tarkemmin.

6.3 Arvio pesuvesille soveltuvista puhdistusmenetelmistä

Tulosten perusteella hevosten pesuedet sisältävät *E.colia*, koliformisia bakteereja, orgaanista ainesta, typpeä ja fosforia, jotka ovat merkittävä haitta ympäristölle. Näin ollen hevosten pesuvesille soveltuvin puhdistusmenetelmä olisi niiden johtaminen yleiseen viemäriverkkoon, jonka kautta jätevesi kulkeutuu kaupungin jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Suurissa jätevedenpuhdistamoissa saadaan jätevedestä vähennettyä tehokkaasti ympäristöä kuormittavia aineita, ja niissä tarkkaillaan myös bakteerien määrää jätevedessä. Yleiseen viemäriverkkoon liittyminen on myös vähäistä huoltoa vaativa ja pitkäikäinen jätevesien käsittelyratkaisu.

Suurin osa hevostalleista kuitenkin sijaitsee kunnallisen viemäriverkoston ulkopuolella, jolloin verkostoon ei voida liittyä. Tällaisessa tapauksessa toiseksi paras vaihtoehto olisi perustaa jätevesiosuuskunta tai jätevesiyhtymä ja rakentaa kylälle oma viemäriverkosto, joka sitten liitetään vesihuoltolaitoksen viemäriverkkoon tai omaan kyläpuhdistamoon.

Jos jätevesiosuuskunnan tai jätevesiyhtymän perustaminen ja kylän oman viemäriverkoston rakentaminen ei kuitenkaan ole mahdollista, viimeisenä vaihtoehtona on kiinteistökohtainen jätevedenkäsittelyjärjestelmä. Koska hevosten pesuvesien mukana kulkeutuu paljon erilaisia ympäristöä kuormittavia aineita, täytyy jätevedenkäsittelyjärjestelmän olla mahdollisimman tehokas ja monipuolinen. Hevosten pesuvesien käsittelyyn on lainsäädännöllisesti hyväksytty menetelmäksi maahanimeytys tai maasuodatus maaperäolosuhteet huomioon ottaen. Esikäsittelyksi riittää 2-osainen sakokaivojärjestelmä. Jos järjestelmään ohjataan myös käymäläjätevesiä, tulee esikäsittelymenetelmän olla 3-osainen sakokaivojärjestelmä.

Esimerkiksi saostuskaivojärjestelmä ja maahanimeytys voisivat olla hyvä ratkaisu, sillä niiden avulla saadaan tarpeeksi vähennettyä orgaanista ainesta, fosforia, typpeä sekä bakteereja. Saostuskaivon ja imeytysjärjestelmän on kuitenkin oltava oikein mitoitettuja, oikeaoppisesti rakennettuja ja toimivia. Lisäksi tallitiloissa mahdollisesti sijaitsevan käymälän kannattaisi olla kuiva- tai kompostikäymälä, jolloin käsiteltäväksi tulevan jäteveden määrä pienenee huomattavasti ja käsittelyjärjestelmä voisi olla kevyempi.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Pesuvesinäytteille tehty analyysit osoittavat, että hevostaloudessa syntyvien pesu- ja jätevesien ympäristöä kuormittavat vaikutukset tulee ottaa huomioon erityisesti suunniteltaessa kiinteistölle sopivaa jätevedenpuhdistusjärjestelmää. Koska jätevedenpuhdistusjärjestelmissä on paljon vaihtoehtoja, tulee jokaisen kiinteistön tarpeet kartoittaa erikseen, jotta saadaan rakennettua toimiva ratkaisu oikeaoppista ja lainmukaista jätevedenkäsittelyä varten.

Jotta jätevedenpuhdistusjärjestelmistä saataisiin mahdollisimman toimivia ja juuri hevostalouteen sopivia, kannattaa hevostiloille ja ravitalleille tehdä kyselyitä käytetyistä jätevesijärjestelmistä ja niiden toimivuudesta. Näin saadaan hyödyllistä tietoa jätevesijärjestelmien kehittämiseen ja parantamiseen, jotta ne vastaisivat mahdollisimman hyvin hevostalouden tarpeita.

Uudenmaan ympäristökeskus käynnisti loppuvuodesta 2002 yhdessä Vihdin kunnan ja Propipe Oy:n kanssa Vihdin kunnassa sijaitsevan vanhan omakotitalon jätevesien käsittelyn toimivuusselvityksen. Kiinteistölle rakennettiin Propipe Oy:n maasuodatin ja fosforinpoistokaivo kaikkien jätevesien käsittelyä varten. Selvityksessä saatiin tulevan jäteveden laaduksi seuraavat tulokset: BHK₇ 454 mg/l, kokonaisfosfori 20,0 mg/l ja kokonaistyyppi 127 mg/l. (Juva & Kosunen 2003, 2 - 3.)

Kun verrataan hevosten pesuvesinäytteistä saatuja tuloksia Uudenmaan ympäristökeskuksen kiinteistökohtaisen jätevesien käsittelyn toimivuusselvityksen tuloksiin voimme havaita, että hevosten pesuvesien orgaanisen aineksen BHK₇ pitoisuus (430 - 1 900) ja kokonaistypen pitoisuus (128 - 292 mg/l) ovat korkeampia kuin vanhan omakotitalon jätevedessä (454 mg/l ja 127 mg/l). Kokonaisfosforin pitoisuus hevosten pesuvesissä (3,9 - 7,1 mg/l) on kuitenkin pienempi kuin vanhan omakotitalon jätevedessä (20,0 mg/l).

Suomen ympäristökeskuksen Hajasampo-projektissa tutkittiin kiinteistökohtaista jätevedenpuhdistuksen toimivuutta. Tutkimuksen kohteina oli 48 puhdistamoja, jotka käsittelivät etupäässä yksittäisten kotitalouksien jätevesiä. Puhdistamoita oli kolmea päätyyppiä: maasuodattamoita, kivikuitusuodattimia ja kalkkisuodinmenetelmän perustuvia puhdistamoita. (Suomen ympäristökeskus 2004.) Projektissa saatiin saostuskaivosta lähtevän jäteveden laatuparametrien keskiarvoiksi seuraavat tulokset: kokonaisfosfori 16 mg/l ja kokonaistyyppi 110 mg/l. (Kujala-Räty 2009, 8).

Kun verrataan laskeutetuista hevosten pesuvesinäytteistä saatuja tuloksia Hajasampo-projektissa saatuihin tuloksiin voimme havaita, että laskeutettujen pesuvesien kokonaisfosforin pitoisuus (0,09 - 5,00 mg/l) on huomattavasti alhaisempi kuin kotitalouksien lähtevässä jätevedessä (16 mg/l). Kokonaistypen pitoisuus laskeutetuissa pesuvesissä (102 - 186 mg/l) on kuitenkin keskimääräisesti korkeampi kuin tutkituissa kotitalouksien lähtevissä jätevesissä (110 mg/l).

Verrattaessa laskeuttamattomien ja laskeutettujen pesuvesinäytteiden tuloksia voimme havaita, että kiintoaineen laskeutus ja kemikaalin lisäys ovat vähentäneet huomattavasti kemiallisten ominaisuuksien määrää pesuvesissä. Tulosten perusteella jätevedenkäsittelyjärjestelmiä suunniteltaessa ja kehiteltäessä tulee ottaa huomioon kiintoaineen poistomahdollisuudet sekä kemikaalin käyttö käsittelyprosessissa.

Jätevedenpuhdistus tulee olemaan kehitystä ja tutkimuksia vaativa prosessi vielä pitkään. Varsinkin erityistarkoituksiin, kuten hevostiloille, tarkoitetut jätevedenpuhdistusmenetelmät kaipaavat lisätutkimuksia, jotta saadaan jokaiseen käyttötarkoitukseen sopivat ja ennen kaikkea lakien ja asetusten mukaisesti toimivat jätevedenpuhdistusjärjestelmät. Näin vältämme liiallisen ympäristökuormituksen ja säästämme ympäristöä vielä tuleville sukupolville.

LÄHTEET

Colilert 24 käyttöohje. Berner Oy.

Eläinsuojelulaki 4.4.1996/247.

Eläinsuojeluasetus 396/1996.

Hevostalouslaki 20.8.1993/796.

Häkkinen, Sanni-Mari & Laine, Maria 2009. Hevostilojen lannan ja valumavesien käsittely. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Iinatti, Heini, Jansson, Helena & Okkonen, Niina 2005. Hevostilan ympäristönsäilyttäminen. Laurea-ammattikorkeakoulu. Hevosalan tietopaketti 3/8. Hyvinkää: SP-Paino Oy.

IN-DRÄN -käsittelymenetelmä 2010. Jita Oy. WWW-dokumentti.
<http://www.jita.fi/cms/indran>. Luettu 13.10.2010.

Jansson, Helena, Jansson, Håkan, Pesonen, Inkeri & Voutilainen, Pasi 2003. Hevostalouden ympäristöasioiden kehittämissuunnitelma. Pilvenmäen ravikeskus ja Ypäjän hevosopisto. Agropolis Oy.

Jätevesien käsittelyjärjestelmiä 2007. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=10760&lan=fi>. Päivitetty 20.11.2007. Luettu 4.5.2010.

Juva, Ilkka & Kosunen, Jarmo 2003. Kiinteistökohtaisen jätevesien käsittelyn toimivuusselvitys Propipe Oy:n maasuodattimella ja fosforinpoistokaivolla, Vihdissä. Uudenmaan ympäristökeskus.

Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistuslaitoksen toimivuus Hajasampo-projektissa 2004. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=83551>. Päivitetty 15.6.2004. Luettu 4.11.2010.

Kinnunen, Eveliina. Haja-asutuksen jätevesien käsittelyopas viranomaisille ja suunnittelijoille. Keski-Suomen ympäristökeskus.

Kujala-Räty, Katariina 2004. Kiinteistökohtaisen jätevedenpuhdistuksen toimivuus Hajasampo-projektissa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Maa- ja metsätalousministeriön päätös nro 14/EEO/1998 ”Hevosten pidolle asetettavat eläinsuojeluvaatimukset.”

Maahanimeytys 2007. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=18751&lan=fi>. Päivitetty 28.8.2007. Luettu 4.5.2010.

Maasuodatus 2007. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=18752&lan=fi>. Päivitetty 13.7.2007. Luettu 4.5.2010.

Maatalouden biologis-kemialliset puhdistamot 2009. Raita Environment. WWW-dokumentti. http://www.raita.com/MA_toiminta.htm. Luettu 28.10.2010.

Laite- eli pienpuhdistamot 2009. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=18753&lan=fi>. Päivitetty 7.5.2009. Luettu 4.5.2010.

Laitinen, Anni 2010. Kuvamateriaalia Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboriosta. Kesä 2010. Insinööriopiskelija (amk). Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristö- ja talousalan laitos.

Lehto, Marja, Puumala, Maarit & Sorvala, Sanna 2006. Käyttöveden riittävyys ja laatu maatalouden suurissa tuotantoyksiköissä. MTT:n selvityksiä 108. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Strålfors Information Logistics Oy.

Loisa, Leena 2010. Kuvamateriaalia Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriosta. Kesä 2010. Insinööriopiskelija (amk). Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristö- ja talousalan laitos.

Närvänen, Aaro 2006. Jäte- ja valumavedet. MTT. Hevostalouden ympäristöfoorumi.

Oksa, Saana 2006. Etelä-Savon maaseutuyritysten talousveden laadun nykytila ja parantaminen sekä jätevesien käsittelyn tehostaminen. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Pesonen, Inkeri, Virtanen, Hanna & Jansson, Helena 2008. Hyvinvoiva, turvallinen ja ympäristöystävällinen –opas vastuulliseen tallitoimintaan. Agropolis Oy. Forssa: Paimotalo Auranen Oy.

Soininen, Hanne 2010. Kuvamateriaalia Mikkelin Raviradalta 25.5.2010. Mikkelin ammattikorkeakoulu. YTI-palvelut.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 461/2000.

Suomen Hippos Ry 2009. Raviurheilu ja hevoskasvatus lukuina.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2009. Colilert-menetelmän verifointi sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 461/2000 mukaisiin koliformisten bakteerien ja *Escherichia coli* –bakteerin tutkimuksiin Suomessa -raportti 17/2009.

Tiilikainen, Sanna 2004. Hevostalous maatiloilla. MTT:n selvityksiä 67. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Data Com Finland Oy.

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 542/2003.

Ympäristöministeriö 2003. Hevostallien ympäristönsuojeluohje 4.11.2003. Helsinki. Edita Prima Oy.

Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista 24.1.2007.

Ympäristöministeriö 2009. Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje 29.6.2009.